



# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO INDUSTRIAL

Título del proyecto:

ESTUDIO ESTRUCTURAL DE UNA PASARELA  
PEATONAL SOBRE EL RIO CIDACOS A SU PASO POR  
CALAHORRA

Alumno: Javier Mauleón Medrano

Tutor: Faustino Gimena Ramos

Pamplona, a 6 de Septiembre de 2012



# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO INDUSTRIAL

Título del proyecto:

ESTUDIO ESTRUCTURAL DE UNA PASARELA PEATONAL  
SOBRE EL RIO CIDACOS A SU PASO POR CALAHORRA

## **DOCUMENTO N°1: MEMORIA**

Alumno: Javier Mauleón Medrano

Tutor: Faustino Gimena Ramos

Pamplona, a 6 de Septiembre de 2012



## 1. MEMORIA:

### ÍNDICE:

<b>1.1 OBJETO DEL PROYECTO .....</b>	<b>3</b>
<b>1.2 ANTECEDENTES .....</b>	<b>4</b>
1.2.1 MORFOLOGÍA DEL TERRENO .....	4
1.2.2 CLIMATOLOGÍA .....	5
<b>1.3 POSIBLES SOLUCIONES .....</b>	<b>7</b>
<b>1.4 SOLUCIÓN ADOPTADA .....</b>	<b>10</b>
<b>1.5 DESCRIPCIÓN DE LA PASARELA .....</b>	<b>12</b>
1.5.1 ESTRUCTURA .....	12
1.5.2 CIMENTACIONES .....	13
<b>1.6 MATERIALES EMPLEADOS .....</b>	<b>14</b>
1.6.1 ESTRUCTURA METÁLICA .....	14
1.6.1.1 Aceros .....	14
1.6.1.2 Maderas .....	14
1.6.2 CIMENTACIONES .....	14
1.6.2.1 Hormigón .....	14
1.6.2.2 Acero .....	15
<b>1.7 DESCRIPCIÓN DETALLADA POR PARTES .....</b>	<b>16</b>
1.7.1 CIMENTACIONES .....	16
1.7.1.1 Zapatas .....	16
1.7.1.2 Armadura de las zapatas .....	16
1.7.1.3 Apoyos articulados y elastoméricos .....	16
1.7.1.4 Salidas de las pasarelas .....	17
1.7.2 ESTRUCTURA METÁLICA .....	17
1.7.2.1 Vigas principales y cordones .....	17
1.7.2.2 Diagonales .....	17
1.7.2.3 Cruz de san Andrés .....	17
1.7.2.4 Viguetas transversales .....	18
1.7.2.5 Barandilla .....	18
1.7.3 ENTARIMADO .....	18
<b>1.8 ANÁLISIS DINÁMICO Y MODAL DE ESTRUCTURAS 3D EN MATLAB ....</b>	<b>19</b>
1.8.1 INTRODUCCIÓN .....	19
1.8.2 TEORÍA DE ESTRUCTURAS .....	21
1.8.2.1 Análisis modal .....	23
1.8.2.2 Análisis dinámico .....	24
1.8.3 SIMULACIÓN MEDIANTE MÉTODOS NUMÉRICOS .....	26
1.8.3.1 Métodos numéricos utilizados .....	26



---

1.8.3.2 Implementación en Matlab .....	31
1.8.4 PROGRAMACIÓN EN MATLAB .....	51
<b>1.9 ETAPAS Y PLAZOS DE EJECUCIÓN .....</b>	<b>108</b>
<b>1.10 RESUMEN DEL PRESUPUESTO .....</b>	<b>109</b>
<b>1.11 CONCLUSIÓN FINAL.....</b>	<b>110</b>





## 1.1\_OBJETO DEL PROYECTO

El presente proyecto tiene por objeto el diseño, cálculo y dimensionamiento de una pasarela peatonal de estructura metálica sobre el río Cidacos a su paso por Calahorra (La Rioja). Dicha estructura permitirá comunicar las dos zonas del río sin tener que pasar por la carretera permitiendo así poder cruzar a los viandantes a un lado y otro del río Cidacos. Ésta zona se encuentra rodeada del parque del Cidacos, en la cual es muy numeroso el numero de personas que pasean diariamente.

El proyecto incluye la justificación en memoria de la obra proyectada, tanto en su aspecto técnico como económico, con los datos básicos de partida y los cálculos necesarios, la aportación de planos de conjunto y de detalle suficientes para que las obras puedan ser realizadas. También contiene el pliego de prescripciones técnicas particulares, en el cual se detallan los trabajos objeto del proyecto, las condiciones que deben reunir los distintos materiales y unidades de obra así como la forma en que será ejecutada la misma y las condiciones económicas para su medición y abono. Por último, se ha realizado un presupuesto, incluyendo mediciones y presupuestos parciales y general de la obra proyectada.



## 1.2\_ANTECEDENTES

La pasarela peatonal sobre el río Cidacos se integra dentro del proyecto del Parque que le rodea (Parque del Cidacos) con el que se pretende restaurar las dos márgenes del río. Se emplearán las medidas necesarias de limpieza y restauración, proyectándose además la ejecución de un paseo que discurrirá al menos por una de las márgenes y que sirva tanto para peatones como para ciclistas.

El Plan redactado establece criterios para el tratamiento paisajístico y para las plantaciones a realizar, considera la corrección de los riesgos de inundación, así como los derivados de la erosión de las aguas y de inestabilidades gravitatorias. Prevé la construcción de un paseo y define en el ámbito del parque áreas de integración, áreas recreativas y parques temáticos. El tipo de actuaciones a realizar en cada caso esta regulado en la oportuna normativa.

Una de las principales características de este paseo debe ser su continuidad, de manera que pueda caminar y pasear a través del parque.

De forma complementaria se propone la habilitación de áreas recreativas y parques temáticos a lo largo del paseo fluvial. Estas áreas estarían dotadas de las infraestructuras, amueblamiento y plantaciones necesarias para el disfrute de la población, mientras que en las áreas de integración primará el tratamiento paisajístico y ambiental.

Asimismo se adoptarán las medidas necesarias para corregir las zonas de riesgo existentes a lo largo del río (consolidación de márgenes, estabilización de taludes, corrección de zonas de erosión). Además, se resolverán los problemas existentes en infraestructuras marginales (cruces de conducciones, aliviaderos, desagües...).

El conjunto de actuaciones proyectadas tratan de aprovechar las posibilidades existentes para la mejora del río y los elementos constructivos que se incluyen se han diseñado de acuerdo con las condiciones del entorno. El parque se completa con un amplio programa de plantaciones que tiene en cuenta las variaciones estacionales propias de las distintas variedades arbóreas y arbustivas introducidas.

En definitiva la pasarela servirá como medio para comunicar las dos zonas del río facilitando así el paso de los caminantes dentro del Parque del Cidacos.

El emplazamiento de la pasarela aparece detallado en el documento de planos.

### 1.2.1 MORFOLOGÍA DEL TERRENO

El río Cidacos es un río del valle del Ebro en España. Nace al sur de la población de Los Campos, en tierras de Soria, junto al Puerto de Oncala y recorre 77 km hasta



desembocar en el río Ebro, en las proximidades de la localidad riojana de Calahorra, donde su caudal es muy escaso, aproximadamente unos 2,70 m<sup>3</sup>/s. Por su margen izquierda desembocan los afluentes Baos, Ostaza y Manzanares.

En su transcurso atraviesa o queda al lado de varias poblaciones de Soria, como Villar del Río o Yanguas, y de La Rioja, como Enciso, Peroblasco, Arnedillo (en donde el río recibe aguas termales que dan lugar al Balneario de Arnedillo), Santa Eulalia Somera y Bajera, Herce, Arnedo, Quel, Autol y Calahorra. Sin embargo, dado que el agua es embalsada varias veces (principalmente, en el Pantano de Munilla, en el río Manzanares, y en la estanca del Perdiguero, junto a Calahorra) y es usada para el riego de las 4057 Ha de ricas huertas de la zona, a Calahorra suele llegar como seco, salvo en los meses más húmedos del año.

El río Cidacos, junto con el Ebro, ha sido durante mucho tiempo el eje vertebrador de la Rioja Baja, y la razón del antiguo enclave de Calahorra. En las localidades de Arnedo y Calahorra nos encontramos con unas zonas verdes denominadas Parque del Cidacos, situadas junto al cauce del río y a la Vía Verde del Cidacos.

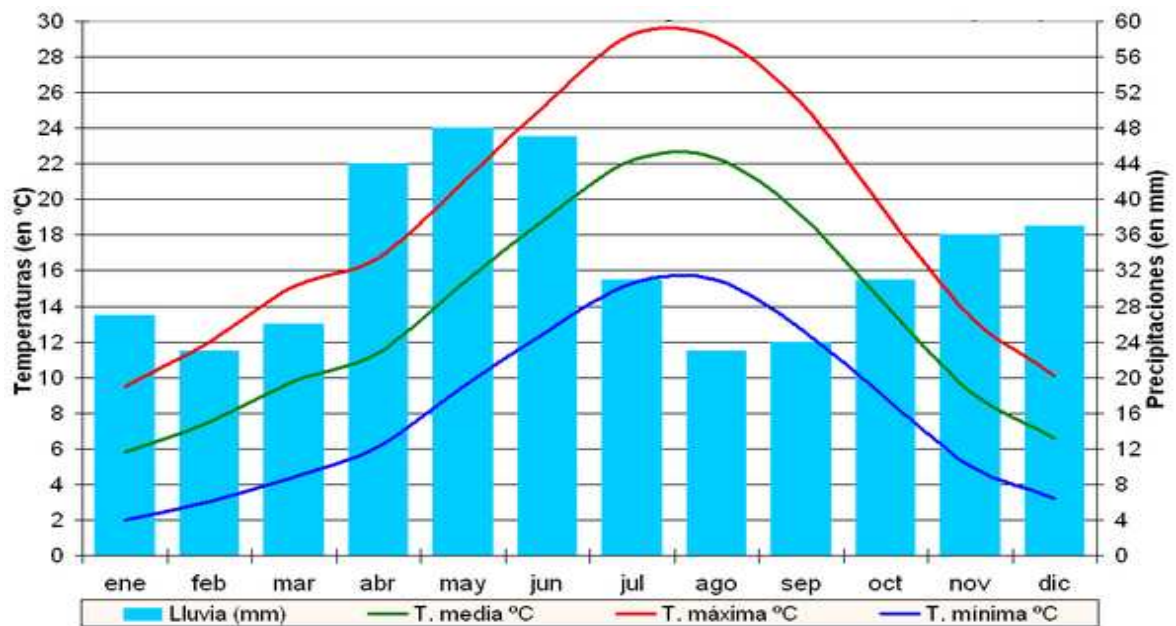
La pasarela se asentará sobre un terreno formado por limos, arenas y gravas, la tensión admisible del terreno será de 25 N/cm<sup>2</sup>.

### 1.2.2 CLIMATOLOGÍA

La meteorología de la ciudad de Calahorra se ve suavizada por su localización en el valle del Ebro, siendo sus condiciones meteorológicas típicas del denominado clima mediterráneo continentalizado. La temperatura media anual es de 13,5 °C. La temperatura suele rondar en invierno los cinco grados bajo cero, mientras que en verano los termómetros superan los treinta y cinco grados.

Las precipitaciones medias anuales son de 400 mm. Los vientos que afectan a la ciudad son los siguientes: desde el norte, el Cierzo; del sur, el Abrego; del este, Solano; y del oeste, el Castellano. Los vientos intermedios son, del noreste, el Navarrico; del Noroeste, Regañón; del suroeste, el Burgalés y del sureste, el Soriano.

A continuación se muestran distintos parámetros y gráficos climáticos de la ciudad de Calahorra:

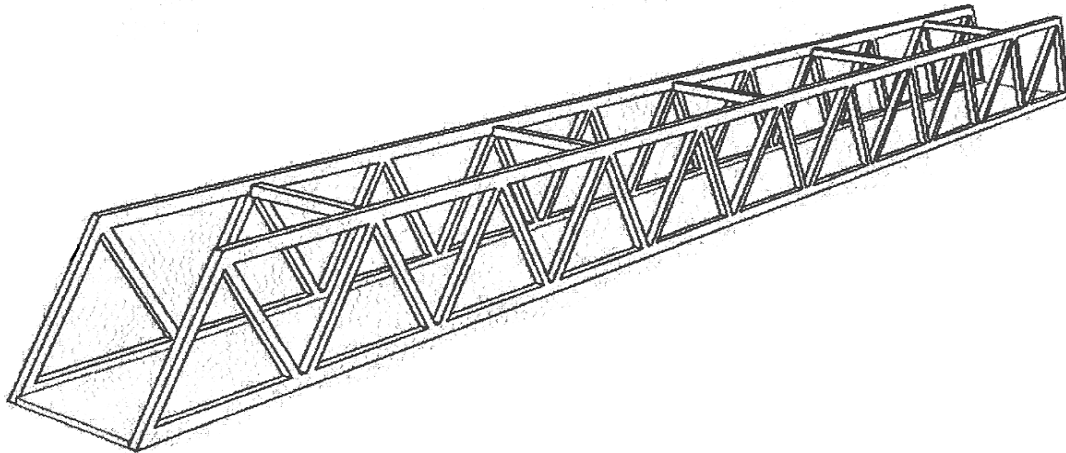


Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Temperatura diaria máxima (°C)	9.5	12.0	15.1	16.7	21.0	25.4	29.3	29.1	25.4	19.3	13.4	10.1	18.9
Temperatura diaria mínima (°C)	2.0	3.0	4.4	6.1	9.5	12.6	15.3	15.5	12.7	8.9	5.0	3.2	8.2
Precipitación total (mm)	27	23	26	44	48	47	31	23	24	31	36	37	399
Días de precipitaciones (≥ 1 mm)	6	5	5	7	8	5	4	4	4	6	6	6	67
Humedad (%)	77	71	65	63	62	59	57	59	64	72	76	79	67

Fuente: Agencia Estatal de Meteorología<sup>17</sup>

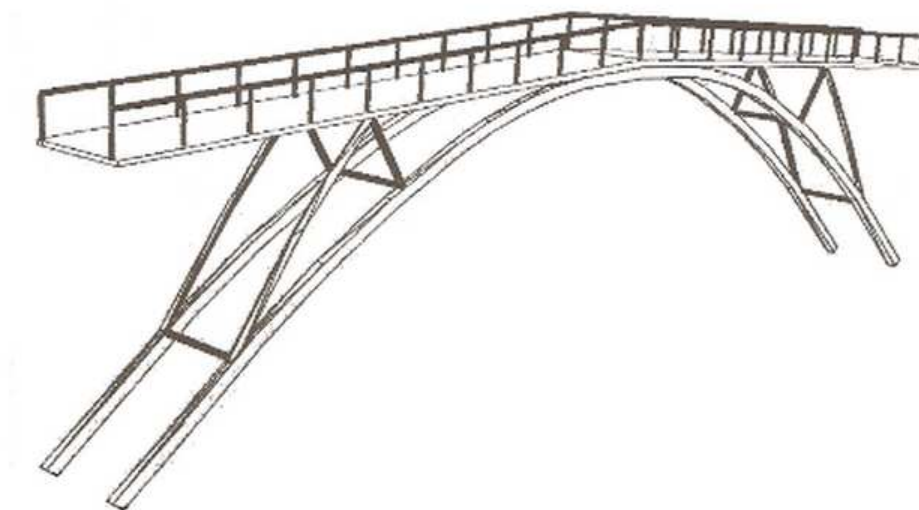
### 1.3\_POSIBLES SOLUCIONES

#### **PASARELA DE DOBLE CERCHA CON TABLERO INFERIOR**



Pasarela cuya estructura está formada por dos cerchas verticales, situadas a los lados del tablero, que recorren en sentido longitudinal la pasarela y cuyos extremos inferiores forman los apoyos de la pasarela. Los cordones inferiores de las cerchas sirven de apoyo al tablero y los superiores han de unirse entre sí mediante vigas de atado que eviten que las cerchas pandeen lateralmente y se abran.

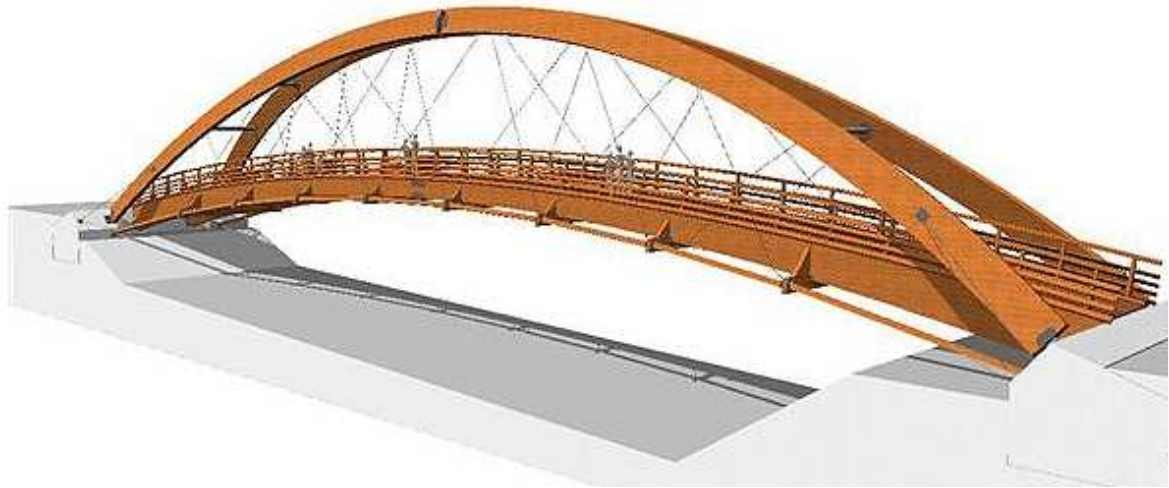
## **PASARELA DE TABLERO SUPERIOR**



Se trata de una estructura formada por un tablero, con ligera forma parabólica, soportado por dos arcos que atraviesan el río de orilla a orilla similar a los antiguos puentes románicos.

Es un tipo de estructura muy ligera, debido a la distribución de cargas que realizan los arcos de soporte sobre el tablero. Desde el punto de vista estético es una pasarela muy vistosa, sin embargo, esa ligereza de la estructura, unida al hecho de que los peatones pasan por la parte superior de la estructura, provocan una sensación de fragilidad de la misma.

## **PASARELA DE TABLERO INFERIOR**



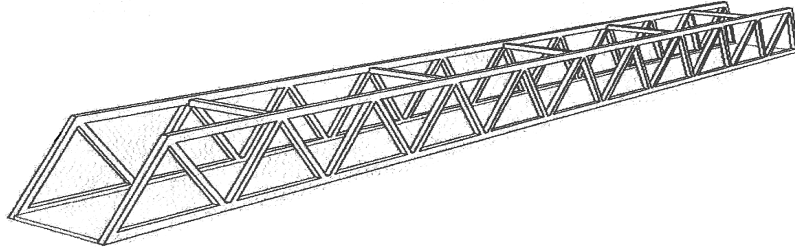
Se trata de una estructura formada por dos arcos parabólicos, como el ejemplo anterior, pero en este caso el tablero se sitúa en la parte inferior de los arcos, cerca de los puntos de apoyo de los mismos y sustentado mediante tirantes. La integridad de la estructura se consigue mediante vigas de atado transversales a los arcos y tirantes que lo arriostran, evitando así que los arcos pandeen y se abran.

Es un tipo de pasarela de grandes dimensiones, por la altura que alcanzan los arcos, lo que la hace muy llamativa, es esta excesiva altura el motivo por el cual no nos decantamos por este tipo de solución.



## 1.4\_ SOLUCIÓN ADOPTADA

La pasarela escogida es la primera opción, se trata de una pasarela de doble cercha con tablero inferior.



Este tipo de pasarela es la primera opción a considerar siempre. Se ha elegido este tipo de pasarela ya que tiene la ventaja de ser muy sencilla de construir, con unos perfiles necesarios pequeños si se le aplica una ligera parábola a los cordones longitudinales de las cerchas, además, el coste en comparación con otro tipo de pasarelas peatonales es bastante menor en este caso por lo que estamos ante la mejor opción.

En definitiva, se diseñará una pasarela de estructura metálica, destinada al paso de peatones por encima del río Cidacos. Sus dimensiones aproximadas serán de 2550 cm de longitud y 200 cm de anchura.

La estructura de la pasarela se realizará principalmente en acero S275JR ( $E=21 \cdot 10^{10} \text{ N/mm}^2$ ,  $f_y=275 \text{ N/mm}^2$ ). Las acciones que se tendrán en cuenta son:

Peso propio de la estructura.

Acciones del terreno.

Sobrecarga de uso.

Acciones de viento.

Acciones térmicas.

Nieve.

Acciones sísmicas.

La resistencia a la corriente del río en caso de alcanzar a la estructura metálica, no será tomada en cuenta pues la pasarela presentará un perfil lateral lo suficientemente fino como para que esto represente un problema. En todo caso, la pasarela se situará a una cota superior a la de inundación del río para un periodo de retorno de 10 años.





La estructura de la pasarela debe apoyarse sobre una combinación de apoyos articulado-deslizante, con el fin de evitar deformaciones indeseadas producidas por la dilatación de los elementos de la estructura. Dichos apoyos estarán anclados a los cimientos a ambos lados del río.

Para la construcción de la pasarela primeramente se deberá limpiar y desbrozar la cuenca del río, seguidamente se procederá al movimiento de tierras y se construirán las cimentaciones que se requieran. Se levantará la estructura sobre dichas cimentaciones y por último se colocarán los elementos decorativos que se consideren oportunos. Para todas las operaciones se contará con el despliegue de medios técnicos y de seguridad que sean necesarios.



## 1.5\_ DESCRIPCIÓN DE LA PASARELA

En este apartado se explica más detalladamente lo comentado en el apartado anterior. Para ello se ha dividido la pasarela en sus dos partes más diferenciadas, es decir, en elementos estructurales y las cimentaciones.

### 1.5.1 ESTRUCTURA

Partimos de la base de que el tablero de la estructura se estará a la misma cota en ambos extremos, manteniéndose horizontal en todo el vuelo (a esta cota la designaremos como cota cero de la construcción).

Respecto a la pasarela diremos que tiene una longitud de 25,5 m y una anchura de 2 m. Está formada por dos vigas de celosía del tipo Warren consistentes en dos cordones paralelos, uno que trabaja a tracción y otro que trabaja a compresión, unidos mediante diagonales que a su vez también trabajan a tracción o a compresión según su posición.

Las diagonales estarán soldadas a los cordones mediante soldadura a tope, y entre ambos habrá un ángulo de  $53,3^\circ$ . Los cordones estarán situados a 2,85 m entre sí, ya que se debe cumplir que la altura de la viga de celosía sea mayor o igual que su longitud dividida por doce.

Dichos cordones son tubos rectangulares con una sección de 140 x 100 y 6 mm de espesor. El cordón superior, que es el de compresión, medirá 21,25 m y el inferior o de tracción 25,5 m.

Si a la hora de la construcción de la viga no se consiguiera un tubo rectangular de las dimensiones requeridas y sea necesario empalmar varios trozos, las uniones se deberán situar lo más alejado posible del centro, ya que es en este punto donde mayor es la tensión.

Las diagonales serán tubos redondos de 100 mm de diámetro y 4 mm de espesor, exceptuando los de los extremos, que tendrán la misma sección y espesor que los cordones comprimidos y de tracción. La longitud de las diagonales será de 3.55 m.

Las dos estructuras paralelas así construidas estarán unidas en los nudos superiores por tubos redondos de 2 m de longitud iguales a los de las diagonales. Para la unión de los 5 cordones de tracción utilizaremos arriostramientos del tipo Cruz de San Andrés.

Los tubos utilizados serán también tubos de 100 mm de diámetro y 4 mm de espesor. La longitud de las diagonales de la Cruz de San Andrés será de 4,7 m. La soldadura en todos los casos será a tope.



### 1.5.2 CIMENTACIONES

Los esfuerzos más importantes de la pasarela a nivel de cimentación son: un esfuerzo axial en dirección de las vigas y un momento de eje horizontal en la misma dirección.

La cimentación se apoyará directamente en el terreno, serán dos zapatas iguales, una en cada margen. Se optó por diseñar una zapata en masa de 300 cm de largo, 200cm de anchura y 250 cm de altura. En la misma zapata se apoyaran además los extremos del tablero, con apoyo articulado en la margen Oeste y deslizante en la Este.



## 1.6\_ MATERIALES EMPLEADOS

Los materiales utilizados para la construcción de la pasarela peatonal son los siguientes:

### 1.6.1 ESTRUCTURA METÁLICA

#### 1.6.1.1 Aceros

Todos los perfiles metálicos que forman la estructura y demás elementos auxiliares serán de acero S275JR. Sus características se describen a continuación:

##### Acero S 275 JR

- Límite Elástico:  $\sigma_e = 275 \text{ N/mm}^2$ . (2.800 Kg/cm<sup>2</sup>).
- Modulo de Elasticidad:  $E = 2,1 \cdot 10^6 \text{ Kg/cm}^2$ .
- Modulo de Rigidez:  $G = 8,1 \cdot 10^5 \text{ Kg/cm}^2$ .
- Coeficiente de Poisson:  $\nu = 0,3$
- Coeficiente de dilatación térmica:  $1,2 \cdot 10^{-5}$
- Peso específico:  $\rho = 7850 \text{ Kg/m}^3$ .
- Tensión de Rotura:  $\sigma_r = 4.400 \text{ Kg/cm}^2$ .
- Alargamiento de rotura: 22 %
- % de carbono: 0.22 %

El material de que están formados los elementos de tornillería viene especificado en su correspondiente norma ISO.

#### 1.6.1.2 Maderas

El entarimado se realizará en madera de pino roble, de calidad estructural ME-2.

### 1.6.2 CIMENTACIONES

#### 1.6.2.1 Hormigón

El hormigón que se empleará en las zapatas y para conformar las salidas de la pasarela será HA 25/B/15/F, según se especifica en la norma EHE-08.



Los pozos de los cimientos se rellenaran con una capa de hormigón pobre H 10, hasta la cota de cimentación.

#### **1.6.2.2 Acero**

Las zapatas se armarán con mallas electrosoldadas en acero B-400 T, de éste mismo material serán las armaduras antiretracción que se colocarán en las salidas de la pasarela.

Los apoyos de los arcos y el tablero se materializaran mediante placas en acero S275JR y estas se anclarán a los cimientos mediante pernos realizados en acero B-400S.



## 1.7\_ DESCRIPCIÓN DETALLADA POR PARTES

### 1.7.1 CIMENTACIONES

#### 1.7.1.1 Zapatas

Los pozos se realizarán con maquina retroexcavadora, siendo necesario limpiar manualmente (operario con una pala) el fondo del pozo. Si llueve, antes de verter el hormigón será necesario realizar una nueva limpieza del pozo. Este aspecto trivial es de vital importancia a la hora de evitar asentamientos de la cimentación.

Inmediatamente de excavado el pozo y realizada su limpieza, se verterá una capa de hormigón pobre H 10, hasta la cota de cimentación, a fin de proteger el terreno de la acción de la lluvia.

La cimentación se realizará con hormigón HA-25. El encofrado se realizará en paneles metálicos, en condiciones de temperatura siempre superiores a 4°C y en condiciones de humedad apropiadas, estando prohibido hormigonar con lluvia o nieve.

Ambas zapatas tendrán idénticas dimensiones, con forma de dado cuyas dimensiones son 200 cm de anchura, 300 cm de longitud y 250 cm de altura que hará de base del tablero. La descripción detallada de los cimientos aparece en el plano de cimentaciones.

#### 1.7.1.2 Armaduras de las zapatas

Cada zapata se armará con dos mallas electrosoldadas de acero B-400, la designación de estas mallas será:

- Malla A: ME 24×20 Ø16-10 B-400 3.7×2.8 UNE 36092:1996
- Malla B: ME 20×20 Ø16-10 B-400 1.8×2.8 UNE 36092:1996
- Malla C: ME 10×15 Ø20-14 B-400 2.4×1.9 UNE 36092:1996
- Malla D: ME 10×15 Ø20-14 B-400 2.4×2.7 UNE 36092:1996

#### 1.7.1.3 Apoyos articulados y elastométricos

Estarán compuestos por una placa de acero de 250 x 250 mm y de 2 cm de espesor, unida a otra placa, también cuadrada, de 250 x 250 mm, 2 cm de espesor y que interiormente tiene un cuadrado hueco de 200 x 200 mm. El conjunto de ambas placas estará soldado al cordón inferior.

Debajo de estas piezas irá colocado el apoyo, que consistirá en un apoyo armado de neopreno de 200 x 200 x 46,5 mm. Llevará intercaladas tres chapas de acero de 3,5 mm. Estos apoyos quedan perfectamente definidos en los planos.



Para evitar que la estructura sea hiperestática uno de los apoyos deberá ser fijo. Por ello se le colocarán unos topes. Por debajo de los apoyos armados de neopreno se colocarán dos placas de acero idénticas a las definidas anteriormente, solo que colocadas inversamente.

Se ha definido que el apoyo articulado ira en el extremo de la pasarela que da a la parte Este y el apoyo fijo a la que da al lado Oeste.

#### **1.7.1.4 Salidas de la pasarela**

Se construirán dos salidas de la pasarela, una en cada margen del río. Para las salidas se empleará una base de todo-uno sobre el terreno previamente limpiado y compactado. Sobre esta base se verterá hormigón H25, el mismo que para la cimentación y tendrá un espesor mínimo de 20 cm, hasta equilibrar el terreno y conseguir la forma deseada.

### **1.7.2 ESTRUCTURA METÁLICA**

#### **1.7.2.1 Vigas principales y cordones**

Está formada por dos vigas de celosía del tipo Warren consistentes en dos cordones paralelos, uno que trabaja a tracción y otro que trabaja a compresión, unidos mediante diagonales que a su vez también trabajan a tracción o a compresión según su posición.

Los cordones estarán situados a 2,85 m entre sí, ya que se debe cumplir que la altura de la viga de celosía sea mayor o igual que su longitud dividida por doce.

Si a la hora de la construcción de la viga no se consiguiera un tubo rectangular de las dimensiones requeridas y sea necesario empalmar varios trozos, las uniones se deberán situar lo más alejado posible del centro, ya que es en este punto donde mayor es la tensión.

Son tubos rectangulares con una sección de 140 x 100 y 6 mm de espesor.

#### **1.7.2.2 Diagonales**

Las diagonales serán tubos redondos de 100 mm de diámetro y 4 mm de espesor, exceptuando los de los extremos, que tendrán la misma sección y espesor que los cordones comprimidos y de tracción. La longitud de las diagonales será de 3.55 m. La soldadura en todos los casos será a tope.

#### **1.7.2.3 Cruz de san Andrés**

Para la unión de los 5 cordones de tracción utilizaremos arriostramientos del tipo Cruz de San Andrés.



Los tubos utilizados serán también tubos de 100 mm de diámetro y 4 mm de espesor. La longitud de las diagonales de la Cruz de San Andrés será de 4,7 m. La soldadura en todos los casos será a tope.

#### **1.7.2.4 Viguetas transversales**

Las dos estructuras paralelas así construidas estarán unidas en los nudos superiores por tubos redondos de 2 m de longitud iguales a los de las diagonales.

Son tubos rectangulares de 140 x 100 y 6 mm de espesor.

Dichos tubos estarán separados 4.25 m uno de otro y soldados a tope en los nudos superiores. La soldadura en todos los casos será a tope.

#### **1.7.2.5 Barandilla**

Todo el recorrido de la pasarela dispondrá de barandilla a ambos lados.

La barandilla será de tubo de acero A-42d 45x3 la superior y de tubo de acero A-42d 40x2 de la segunda hasta la última.

Se situará soldada a las diagonales que también cumplirá las normativas vigentes. Toda la barandilla estará recubierta por pintura para la protección ante la intemperie de color verde. La separación entre tubos de la barandilla será de 15 cm como exige el CTE DB SUA normas en barandillas público. El pasamanos llega a la altura de 100cm.

#### **1.7.3 ENTARIMADO**

El pavimento o suelo de la pasarela estará formado por tablas de madera de roble. Serán necesarios 150 tablas de 95 mm de canto, 1,80 m de largo y 15 cm de ancho. Para facilitar la colocación de las últimas tablas se utilizarán tablas de 90 cm de largo en vez de las de 1.80m.

La anchura del último tablón será de 10 cm. Las tablas irán apoyadas en los guardacantos de chapa en forma de C que, en tramos de a 2 m cada uno, se irán soldando en la parte interna del cordón inferior de las vigas de celosía según se indica en el plano. Las tablas irán sujetas al guardacantos de chapa mediante tornillos de métrica 20 según se indica en el plano. La madera llevará una capa de barniz para protección del material. Además, al sobresalir por encima de los cordones inferiores, impedirá la acumulación de diversos materiales.





## 1.8\_ ANÁLISIS DINÁMICO Y MODAL DE ESTRUCTURAS 3D EN MATLAB

### 1.8.1 INTRODUCCIÓN

#### **Fenómeno de las vibraciones en estructuras**

Las vibraciones en estructuras se presentan diariamente debido a movimientos sísmicos, viento, paso de vehículos, tránsito de personas, impactos, presencia de maquinaria...

Estas vibraciones pueden provocar:

- Efectos en la estructura: deterioro de la estructura, problemas en la cimentación y en el edificio.
- Efectos en las personas: las vibraciones en las estructuras tienen un efecto fisiológico perjudicial sobre las personas, aumentan su cansancio y disminuyen su rendimiento productivo

Por tanto, se hace necesario estudiar del nivel vibracional para el cumplimiento de requisitos establecidos en legislación vigente

1. Análisis dinámico de la estructura: Determinación de la respuesta (desplazamientos, velocidades y aceleraciones) de la estructura sometida a excitaciones. Determinación de la frecuencia de la excitación y localización del origen

2. Solución del problema mediante la adopción de medidas correctoras adecuadas: Diseño de amortiguadores, aisladores, modificaciones puntuales estructurales,... que impidan la transmisión de la vibración a la estructura.

Es por ello que presentamos este programa que nos permitirá analizar el comportamiento modal y dinámico de cualquier estructura tridimensional de nudos y barras.

#### **Ejemplo histórico: El puente de Tacoma**

La importancia de un diseño dinámico adecuado que evite la aparición de resonancias queda reflejada de forma explícita en un ejemplo tan conocido como el del Puente de Tacoma, pequeña ciudad del estado de Washington de cerca de 200.000 habitantes.

El proyecto del puente, en su momento el tercero del mundo en cuanto a sus dimensiones, no consideró la hipótesis de viento como potencial causante de inestabilidades estructurales pese a que ya para aquél entonces existían casos documentados en tal sentido. La apertura al tráfico se produjo el 1 de Julio de 1940 y ya



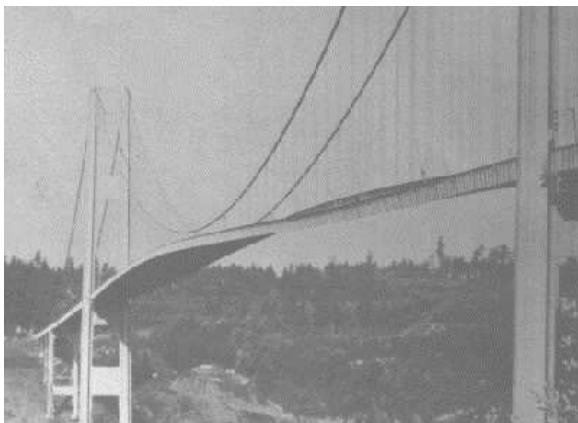
desde un principio se detectó la tendencia de la estructura a oscilar transversalmente debido a la acción de vientos de una determinada gama de intensidades.

Aunque se ensayaron diferentes métodos para reducir estas vibraciones, ninguno de ellos llegó a ser realmente eficaz. Las vibraciones eran siempre transversales (verticales), dándose entre 0 y 8 nodos en el tablero entre pilares y provocadas por el viento a partir de 7 km/h. Un modo típico con dos nodos entre pilares presentaba una amplitud de 1.5 m a una frecuencia de 0.2 Hz.

El 7 de noviembre, de 1940, en plena madrugada, los vientos alcanzaron una velocidad de 70 km/h (la máxima desde su apertura) haciendo oscilar el puente de manera importante y obligando a la policía a cortar el tráfico. A las 9:30 AM el puente oscilaba con una amplitud de 0.9m y una frecuencia de 0.6 Hz. A las 10:00 AM una rotura de uno de los amarres del cable de suspensión del tablero en la cara norte del puente introdujo en el sistema un modo de vibración a torsión a 0.23 Hz cuyos nodos estaban situados en la mitad del puente y en los pilares

Este fue el primer (y último) caso de un modo a torsión en el puente. En unos instantes, la oscilación angular alcanzaba los 35° y los pilares sufrían deflexiones de cerca de 3.6 m en su extremo superior, 12 veces los parámetros utilizados en su dimensionamiento.

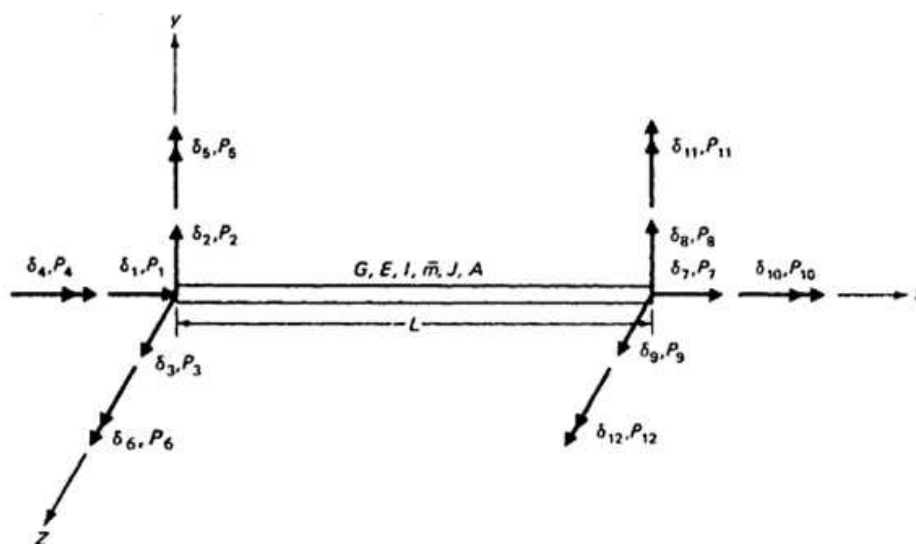
A partir de aquí, la situación se mantuvo inalterable durante cerca de una hora hasta que a las 11:00 AM se desprendió en primer pedazo de pavimento. Finalmente, el puente terminó rompiéndose por completo a las 11:10 AM cayendo al río.





## 1.8.2 TEORÍA DE ESTRUCTURAS

Una estructura de nudos y barras puede estudiarse desde un punto de vista matricial de manera muy efectiva en términos computacionales. Para ello es necesario definir la matriz de rigidez, la matriz de masas y la matriz de cambio de base de una barra.



Una barra de estas características presenta las siguientes matrices de rigidez y masas para 6 grados de libertad que la caracterizan:

**Matriz de masas:**

$$\begin{bmatrix} P_1 \\ P_2 \\ P_3 \\ P_4 \\ P_5 \\ P_6 \\ P_7 \\ P_8 \\ P_9 \\ P_{10} \\ P_{11} \\ P_{12} \end{bmatrix} = \frac{\bar{m}L}{420} \begin{bmatrix} 140 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 70 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 156 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 54 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 156 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 54 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{140 I_0}{A} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{70 I_0}{A} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -22L & 0 & 4L^2 & 0 & 0 & 0 & -13L & 0 & -3L^2 & 0 \\ 0 & 22L & 0 & 0 & 0 & 4L^2 & 0 & 0 & 13L & 0 & 3L^2 & 0 \\ 70 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 140 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 54 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 156 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 54 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 156 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{70 I_0}{A} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{140 I_0}{A} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 13L & 0 & -3L^2 & 0 & 0 & 0 & 22L & 0 & 4L^2 & 0 \\ 0 & -13L & 0 & 0 & 0 & -3L^2 & 0 & -22L & 0 & 0 & 0 & 4L^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \delta_1 \\ \delta_2 \\ \delta_3 \\ \delta_4 \\ \delta_5 \\ \delta_6 \\ \delta_7 \\ \delta_8 \\ \delta_9 \\ \delta_{10} \\ \delta_{11} \\ \delta_{12} \end{bmatrix}$$

Simétrica

**Matriz de rigidez:**

$$\begin{bmatrix} P_1 \\ P_2 \\ P_3 \\ P_4 \\ P_5 \\ P_6 \\ P_7 \\ P_8 \\ P_9 \\ P_{10} \\ P_{11} \\ P_{12} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{EA}{L} & & & & & & & & & & & \\ & 0 & \frac{12EI_z}{L^3} & & & & & & & & & \\ & & & \frac{12EI_y}{L^3} & & & & & & & & \\ & & & & 0 & \frac{GJ}{L} & & & & & & \\ & & & & & & 0 & \frac{4EI_y}{L} & & & & \\ & & & & & & & & 0 & \frac{4EI_z}{L} & & \\ & & & & & & & & & & \frac{EA}{L} & \\ & & & & & & & & & & & 0 \\ & & & & & & & & & & & & \frac{12EI_z}{L^3} \\ & & & & & & & & & & & & & \frac{12EI_y}{L^3} \\ & & & & & & & & & & & & & & 0 \\ & & & & & & & & & & & & & & & \frac{GJ}{L} \\ & & & & & & & & & & & & & & & & 0 \\ & & & & & & & & & & & & & & & & & \frac{4EI_y}{L} \\ & & & & & & & & & & & & & & & & & & \frac{4EI_z}{L} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \delta_1 \\ \delta_2 \\ \delta_3 \\ \delta_4 \\ \delta_5 \\ \delta_6 \\ \delta_7 \\ \delta_8 \\ \delta_9 \\ \delta_{10} \\ \delta_{11} \\ \delta_{12} \end{bmatrix}$$

Simétrica

Para construir la matriz de cambio de base de coordenadas locales (ancladas a la barra) a globales (relativas a toda la estructura) construimos una matriz de cambio de base a partir de dos giros elementales de Euler alrededor de dos de los ejes Y y Z:

$$L1 = \begin{bmatrix} \cos \varphi & 0 & -\sin \varphi \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin \varphi & 0 & \cos \varphi \end{bmatrix}; L2 = \begin{bmatrix} \cos \theta & \sin \theta & 0 \\ -\sin \theta & \cos \theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

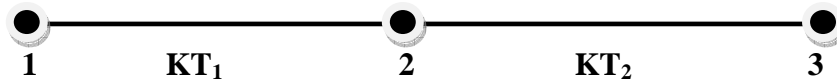
$$L = L1 * L2$$

$$L = \begin{bmatrix} \cos \theta \cos \varphi & \sin \theta \cos \varphi & -\sin \varphi \\ -\sin \theta & \cos \theta & 0 \\ \cos \theta \sin \varphi & \sin \theta \sin \varphi & \cos \varphi \end{bmatrix}$$



Una vez construidas estas matrices para una barra, es posible ensamblar la estructura a partir del conjunto de matrices de rigidez en coordenadas globales.

Esta es una operación muy sencilla que queda reflejada en el siguiente ejemplo de 3 nudos y 2 barras:



$$KT1 = \begin{bmatrix} K1_{11} & K1_{12} \\ K1_{21} & K1_{22} \end{bmatrix}; KT2 = \begin{bmatrix} K2_{11} & K2_{12} \\ K2_{21} & K2_{22} \end{bmatrix}$$

$$KT = \begin{bmatrix} K1_{11} & K1_{12} & 0 \\ K1_{21} & K1_{22} + K2_{11} & K2_{12} \\ 0 & K2_{21} & K2_{22} \end{bmatrix}$$

Con este modo de ensamblar se generan matrices con gran cantidad de ceros, lo que nos lleva al punto de utilizar matrices **sparse**. Una matriz esparcida o sparse es una matriz en la cual la mayoría de los elementos son ceros. Es un desperdicio almacenar estas matrices completas puesto que muy pocos elementos contienen información significativa. Una forma eficiente de representar una matriz esparcida  $m \times n$  es un arreglo  $k \times 3$ , donde  $K$  es el número de elementos significativos. En ese arreglo se almacena el índice de la fila, el índice de la columna y el valor de los elementos distintos a cero de la matriz original.

### 1.8.2.1 Análisis modal

El análisis de estructuras sometidas a fuerzas exteriores variables en el tiempo es un problema de gran importancia dentro del campo de la ingeniería mecánica. Su solución se basa en el conocimiento de las frecuencias y modos normales de vibración del sistema libre, es decir, las soluciones del problema de autovalores derivado de lo siguiente:

$$Mx'' + Kx = 0$$

$$x = A * \sin(\omega t)$$

$$-MA\omega^2 * \sin(\omega t) + KA * \sin(\omega t) = 0 \quad x' = A\omega * \cos(\omega t)$$

$$Kx - \omega^2 Mx = 0$$

$$x'' = -A\omega^2 * \sin(\omega t)$$

$$(K - \omega^2 M)x = 0$$

$$x'' = -\omega^2 x$$



Siendo  $x$  los vectores propios y  $w^2$  los valores propios del problema. Es por ello que de este modo podemos saber cuales van a ser las frecuencias de resonancia y como serán sus modos oscilatorios.

### 1.8.2.2 Análisis dinámico

El análisis dinámico de estructuras trata de resolver la ecuación de segundo orden correspondiente a la oscilación forzada sin amortiguamiento:

$$[M]\{\ddot{u}(t)\} + [K]\{u(t)\} = \{P(t)\}$$

Como esto es muy costoso computacionalmente para estructuras de muchos grados de libertad, siendo  $\phi$  la matriz de vectores propios, podemos definir el siguiente cambio de variable de coordenadas modales a globales:

$$\{u(t)\} = [\phi]\{\xi(t)\}$$

A partir de aquí sustituyendo este cambio de variable en la ecuación de la oscilación forzada sin amortiguar tenemos lo siguiente:

$$[M][\phi]\{\xi(t)\} + [K][\phi]\{\xi(t)\} = \{P(t)\}$$

Que premultiplicando por  $\phi^T$  nos permite obtener lo siguiente:

$$[\phi]^T[M][\phi]\{\xi\} + [\phi]^T[K][\phi]\{\xi\} = [\phi]^T\{P(t)\}$$

$$[\phi]^T[M][\phi] = \text{Matriz de masas modalizada}$$

$$[\phi]^T[K][\phi] = \text{Matriz de rigidez modalizada}$$

$$[\phi]^T\{P\} = \text{Vector de fuerza modalizado}$$

De este modo logramos reducir el tamaño del problema sin pérdidas significativas de información que puedan afectar al resultado del problema.



A partir de aquí para poder resolver utilizando métodos Runge-Kutta hay que reducir el orden del problema a un sistema de dos ecuaciones de primer orden del siguiente modo:

$$M \xi'' + K \xi = \rho$$

$$\xi' = y$$

$$My' + K \xi = \rho$$

$$\begin{bmatrix} 0 & M \\ I & 0 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \xi' \\ y' \end{Bmatrix} + \begin{bmatrix} K & 0 \\ 0 & -I \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \xi \\ y \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} \rho \\ 0 \end{Bmatrix}$$



### 1.8.3 SIMULACIÓN MEDIANTE MÉTODOS NUMÉRICOS

#### 1.8.3.1 Métodos numéricos utilizados

##### Método factorización LU (*LUfactor.m* y *LUsolve.m*)

La factorización  $A=LU$  descompone una matriz  $A$  en el producto de dos matrices triangulares:

$$L = \begin{pmatrix} 1 & & & \\ \ell_{21} & 1 & & \\ \vdots & \vdots & \ddots & \\ \ell_{n1} & \ell_{n2} & \cdots & 1 \end{pmatrix}, \quad U = \begin{pmatrix} u_{11} & u_{12} & \cdots & u_{1n} \\ & u_{22} & \cdots & u_{2n} \\ & & \ddots & \vdots \\ & & & u_{nn} \end{pmatrix}$$

Bajo esta factorización, un sistema lineal de la forma:

$$Ax = b$$

Se transforma en un par de sistemas triangulares de la forma:

$$Ly = b$$

$$Ux = y$$

##### Método de la potencia inversa desplazada (*metpot.m*)

Si  $A$  es invertible y  $v$  es un vector propio asociado a un valor propio (que será distinto de cero), entonces:

$$A * v = \lambda_i * v \quad \Longleftrightarrow \quad A^{-1} * v$$

Es decir,  $\lambda_i^{-1}$  es un valor propio de la matriz inversa y  $v$  es un vector propio asociado. Por tanto podemos aplicar el método de potencias a la matriz  $A^{-1}$  para calcular el menor valor propio en valor absoluto de  $A$ .

En lugar de calcular el producto  $x_m = y_{m-1}$  (Método de potencias) resolveremos en cada iteración el sistema:

$$(A - qI) * x_m = y_{m-1}$$

Disponemos para ello varios métodos como el método de Gauss, GaussEidel, Factorización QR, Factorización LU, etc.





En la realización de este trabajo hemos escogido la utilización del método de factorización LU (anteriormente explicado) ya que en cada iteración se tiene que resolver un sistema cuya matriz es siempre la misma, así que si optamos por un método directo como éste podremos calcular la factorización LU una única vez y resolver de forma reiterada los dos sistemas triangulares.

Una mejora que nos ha permitido disminuir drásticamente el tiempo de cálculo ha sido acelerar la convergencia tomando  $q$  (desplazamiento) cero únicamente en el cálculo de la primera pareja autovalor-autovector, empleando en las demás el anterior autovalor. Hacemos esto ya que las estructuras presentan grupos de frecuencias muy parecidas.

La segunda mejora consiste en realizar una primera aproximación con una precisión baja para luego emplear ese valor como desplazamiento.

### Método de deflación de Wielandt (*deflacion.m*)

Sea la matriz  $A$  con  $n$  autovalores simples  $\lambda_1, \dots, \lambda_n$  que verifican:

$$|\lambda_1| > |\lambda_2| > \dots, |\lambda_n| > 0.$$

Sean  $v_1, \dots, v_n$  autovectores de  $A$  asociados respectivamente a  $\lambda_1, \dots, \lambda_n$ .

Ya se ha hallado el autovalor dominante  $\lambda_1$  (y un autovector asociado a él) mediante el método de las potencias. Pretendemos ahora construir una nueva matriz  $B$ , también cuadrada de orden  $n$ , con autovalores  $\lambda_1' = 0, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ ; es decir, se pretende construir una matriz con los mismos autovalores de  $A$  a excepción de  $\lambda_1$ . De este modo, el autovalor dominante de  $B$  será  $\lambda_2$  y podrá ser calculado aplicando de nuevo el método de la potencia inversa desplazada. Estudiemos la construcción de  $B$ .

Sea  $x$  tal que  $x^t v_1 = 1$ . Definimos  $B := A - \lambda_1 v_1 x^t$

Veamos que  $B$  satisface:

-  $v_1$  es autovector de  $B$  asociado al autovalor  $\lambda_1 = 0$ . Efectivamente:

$$B v_1 = (A - \lambda_1 v_1 x^t) v_1 = A v_1 - \lambda_1 v_1 x^t v_1 = 0$$

-  $\lambda_2, \dots, \lambda_n$  son autovalores de  $B$ . Efectivamente se consideran vectores

$w_i = v_i - \alpha_i v_1$ , para todo  $i = 2, \dots, n$ . Siendo  $\alpha_i$  un parámetro real.

Se observa:

$$\begin{aligned} B(v_i - \alpha_i v_1) &= (A - \lambda_1 v_1 x^t) (v_i - \alpha_i v_1) \\ &= A v_i - A \alpha_i v_1 - \lambda_1 v_1 x^t v_i + \lambda_1 v_1 x^t \alpha_i v_1 \end{aligned}$$



$$= \lambda_i v_i - \lambda_1 v_1 x^t v_i$$

$$= \lambda_i (v_i - \lambda_1 v_1 x^t v_i / \lambda_i)$$

De lo anterior se deduce que para  $\alpha_i = \frac{\lambda_1 x^t v_i}{\lambda_i}$  el vector  $w_i$  es autovector de B asociado a  $\lambda_i$ .

Veamos ahora cómo elegir un vector  $x$  que satisfaga  $x^t v_1 = 1$ . Sea  $i$  el índice de del mayor elemento de  $v_1$ . Tomemos

$$x := \frac{1}{\lambda_1 v_{1_i}} A^{i^t},$$

donde  $v_{1_i}$ ,  $A^i$  son la  $i$ -ésima componente de  $v_1$  y la  $i$ -ésima fila de  $A$  respectivamente.

Con esta elección:

$$x^t v_1 = \frac{1}{\lambda_1 v_{1_i}} A^{i^t} v_1 = \frac{1}{\lambda_1 v_{1_i}} (A v_1)_i = \frac{1}{\lambda_1 v_{1_i}} (\lambda_1 v_1)_i = 1.$$

Aplicando el método de las potencias a B se obtiene un autovalor dominante  $\lambda_2$  y un autovector asociado, a partir del cual se puede calcular un autovector de A asociado a  $\lambda_2$  mediante la relación previa.

Además, reiterando esta combinación del método de deflación y del método de las potencias se pueden calcular todos los autovalores de A y autovectores asociados a ellos.

### Método Runge-Kutta (*rk45adaptv.m*)

En este trabajo hemos escogido el método Runge-Kutta adaptativo 45 para la resolución numérica de sistema de ecuaciones diferenciales. Se trata de un método eficiente para los problemas de integración numérica en el cual se combinan los métodos RK4+RK5.

En este método, en cada paso, se hacen dos aproximaciones diferentes para la solución y se comparan. Si el error es muy pequeño, se acepta la aproximación. Sin embargo, si el error no llega a una determinada precisión, el paso se reduce. Y si el error tiene mas dígitos significantes que los deseados entonces se aumentará el paso.

Cada paso requiere el uso de estos seis valores:



$$\begin{aligned}
 k_1 &= hf(t_k, y_k), \\
 k_2 &= hf\left(t_k + \frac{1}{4}h, y_k + \frac{1}{4}k_1\right), \\
 k_3 &= hf\left(t_k + \frac{3}{8}h, y_k + \frac{3}{32}k_1 + \frac{9}{32}k_2\right), \\
 k_4 &= hf\left(t_k + \frac{12}{13}h, y_k + \frac{1932}{2197}k_1 - \frac{7200}{2197}k_2 + \frac{7296}{2197}k_3\right), \\
 k_5 &= hf\left(t_k + h, y_k + \frac{439}{216}k_1 - 8k_2 + \frac{3680}{513}k_3 - \frac{845}{4104}k_4\right), \\
 k_6 &= hf\left(t_k + \frac{1}{2}h, y_k - \frac{8}{27}k_1 + 2k_2 - \frac{3544}{2565}k_3 + \frac{1859}{4104}k_4 - \frac{11}{40}k_5\right).
 \end{aligned}$$

Una solución del problema se realizará utilizando el método Runge Kutta de orden 4:

$$y_{k+1} = y_k + \frac{25}{216}k_1 + \frac{1408}{2565}k_3 + \frac{2197}{4101}k_4 - \frac{1}{5}k_5,$$

Para hallar un mejor valor de la solución se hará uso del método Runge Kutta de orden 5:

$$z_{k+1} = y_k + \frac{16}{135}k_1 + \frac{6656}{12,825}k_3 + \frac{28,561}{56,430}k_4 - \frac{9}{50}k_5 + \frac{2}{55}k_6.$$

Con estas dos estimaciones calculamos el error relativo y haremos las siguientes comprobaciones para redefinir el paso y aceptar o no el valor de la y calculada:

-Si el error es igual a cero: en la siguiente iteración el paso será el doble, aceptamos la aproximación.

-Si el error es mayor que cero pero menor que la tolerancia: aceptamos la aproximación pero el nuevo paso lo calcularemos multiplicándolo por el factor s.



-Si el error es mayor que la tolerancia: rechazamos la aproximación y la recalculamos con un paso igual al paso actual multiplicado por el factor s.

$$S=0.9*(\text{Tolerancia/error relativo})^{1/5}$$



### 1.8.3.2 Implementación en Matlab

#### Manual de usuario

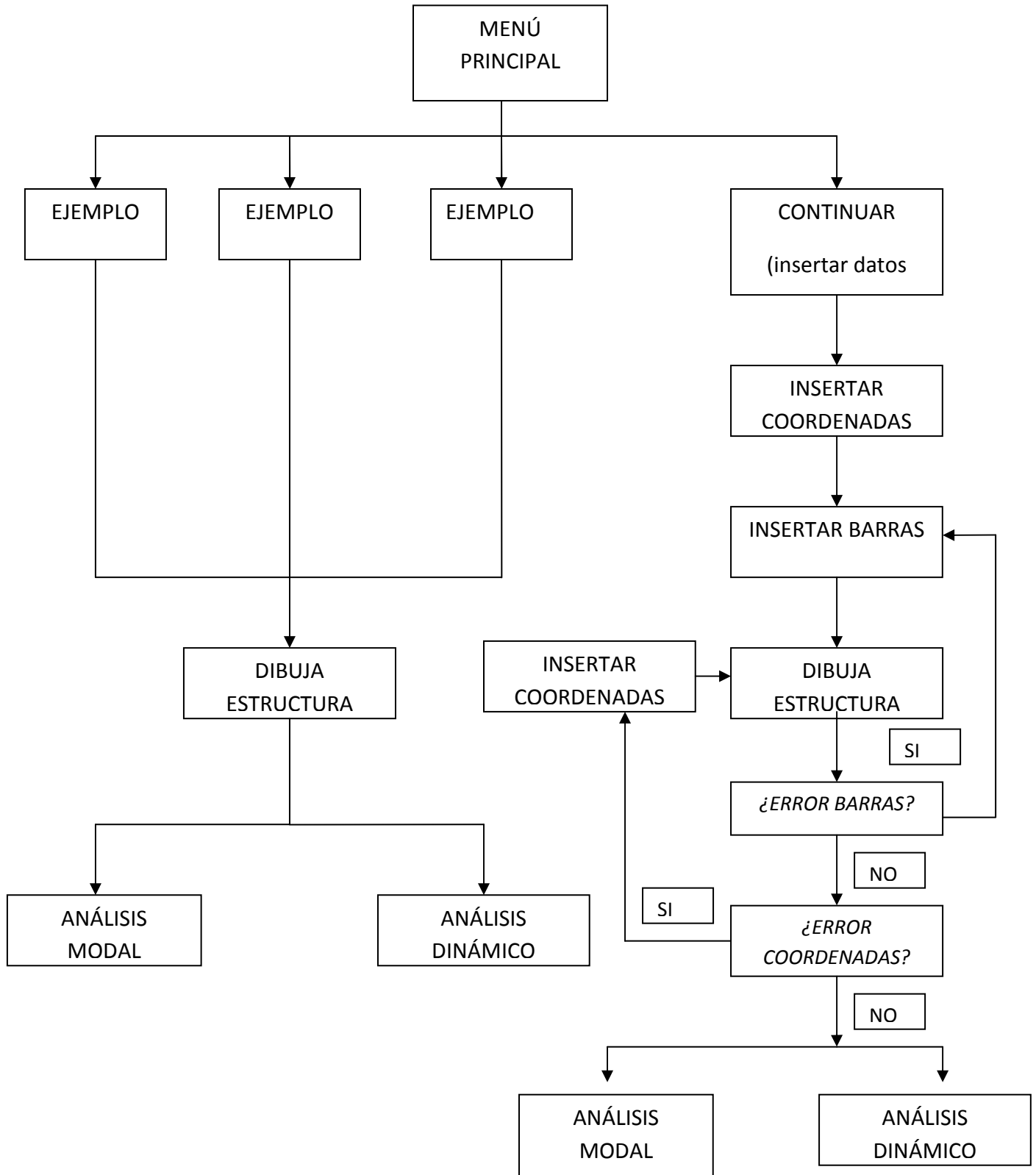
Se ha desarrollado un interfaz gráfico manualmente. Una elección que consigue un diseño muy atractivo a la vez que funcional.

Se alcanza con ello una gran comodidad en la introducción de datos, destacando además, la puesta en escena de los resultados.

Como comentamos se ha diseñado un programa con un interfaz gráfico muy sencillo de usar, por tanto para su uso no es necesario conocimiento alguno de MATLAB.

A continuación se muestran las pantallas que ofrece el programa, aunque para evaluar este aspecto lo mejor es, sin duda, ejecutar el programa.

Para ello hemos realizado un esquema de las aplicaciones que se pueden realizar con el programa, empezando por el menú principal donde se hace una intro del programa. Para obtener este menú es necesario introducir el comando “ inicio” en el programa de Matlab, dando lugar al siguiente display:



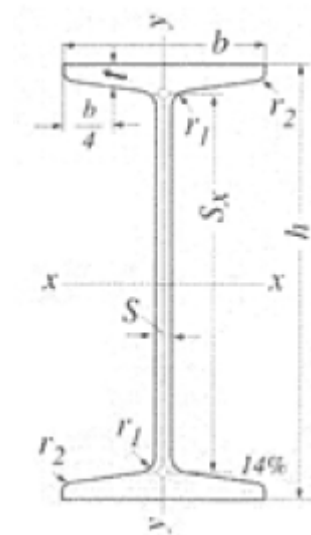


### Menú principal:

El menú principal (mostrado anteriormente) consta de los siguientes elementos, los cuales el usuario podrá variar dependiendo de la estructura a realizar:

- 1) Número de nudos de la estructura.
- 2) Número de barras de la estructura.
- 3) Material de la estructura. Se podrá elegir entre los siguientes materiales, cada uno de ellos con sus correspondientes características:
  - Acero
  - Aluminio
  - Madera Roble
  - Madera Pino
- 4) Momento de inercia respecto al eje z ( $\text{mm}^4$ ).
- 5) Momento de inercia respecto al eje y ( $\text{mm}^4$ ).
- 6) Módulo de elasticidad transversal ( $\text{N/mm}^2$ ).
- 7) Área de las barras (mm).

Para los puntos 4,5,6 y 7 los datos han de ser obtenidos a partir de las tablas del fabricante. En este trabajo hemos elegido un perfil normal doble T- IPN cuyas características son las siguientes:



F= Sección

G= Peso

J= Momento de inercia

U= Superficie exterior por metro de perfil

W= Momento resistente

I = Radio de giro

$S_x$  = Momento estático de media sección del perfil

$s_x = J_x / S_x$  - Separación entre los centros de tracción y compresión



Denominación	Dimensiones en mm								Eje flexión x-x			Eje flexión y-y				
						F	G	U	J <sub>x</sub>	W <sub>x</sub>	i <sub>x</sub>	J <sub>y</sub>	W <sub>y</sub>	i <sub>y</sub> =i <sub>1 min</sub>	S <sub>x</sub>	s <sub>x</sub>
	h	b	s=r <sub>1</sub>	t	r <sub>2</sub>	cm <sup>2</sup>	Kg./m	m <sup>2</sup> /m	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm	cm <sup>3</sup>	cm
80	80	42	3.9	5.9	2.3	7.57	5.94	0.304	77.8	19.5	3.20	6.29	3.00	0.91	11.4	6.84
100	100	50	4.5	6.8	2.7	10.60	8.34	0.370	171	34.2	4.01	12.2	4.88	1.07	19.9	8.57
120	120	58	5.1	7.7	3.1	14.20	11.10	0.439	328	54.7	4.81	22	7.41	1.23	31.8	10.30
140	140	66	5.7	8.6	3.4	18.20	14.30	0.502	573	81.9	5.61	35	10.70	1.40	47.4	12.00
160	160	74	6.3	9.5	3.8	22.80	17.90	0.575	935	117	6.40	55	14.80	1.55	68.0	13.70
180	180	82	6.9	10.4	4.1	27.90	21.90	0.640	1,450	161	7.20	81	19.80	1.71	93.4	15.50
200	200	90	7.5	11.3	4.5	33.40	26.20	0.709	2,140	214	8.00	117	26.00	1.87	125	17.20
220	220	98	8.1	12.2	4.9	39.50	31.10	0.775	3,060	278	8.80	162	33.10	2.02	162	18.90
240	240	106	8.7	13.1	5.2	46.10	36.20	0.844	4,250	354	9.59	221	41.70	2.20	206	20.60
260	260	113	9.4	14.1	5.6	53.30	41.90	0.906	5,740	442	10.40	288	51.00	2.32	257	22.30
280	280	119	10.1	15.2	6.1	61.00	47.90	0.966	7,590	542	11.10	364	61.20	2.45	316	24.00
300	300	125	10.8	16.2	6.5	69.00	54.20	1.030	9,800	653	11.90	451	72.20	2.56	381	25.70
320	320	131	11.5	17.3	6.9	77.70	61.00	1.090	12,510	782	12.70	555	84.70	2.67	457	27.40
340	340	137	12.2	18.3	7.3	86.70	68.00	1.150	15,700	923	13.50	674	98.40	2.80	540	29.10
360	360	143	13.0	19.5	7.8	97.00	76.10	1.210	19,610	1,090	14.20	818	114	2.90	638	30.70
380	380	149	13.7	20.5	8.2	107.00	84.00	1.270	24,010	1,260	15.00	975	131	3.02	741	32.40
400	400	155	14.4	21.6	8.6	118.00	92.40	1.330	29,210	1,460	15.70	1,160	149	3.13	857	34.10
425	425	163	15.3	23.0	9.2	132.00	104.00	1.410	36,970	1,740	16.70	1,440	176	3.30	1,020	36.20
450	450	170	16.2	24.3	9.7	147.00	115.00	1.480	45,850	2,040	17.70	1,730	203	3.43	1,200	38.30
475	475	178	17.1	25.6	10.3	163.00	128.00	1.550	56,480	2,380	18.60	2,090	235	3.60	1,400	40.40
500	500	185	18.0	27.0	10.8	179.00	141.00	1.630	68,740	2,750	19.60	2,480	268	3.72	1,620	42.40
550	550	200	19.0	30.0	11.9	212.00	166.00	1.800	99,180	3,610	21.60	3,490	349	4.02	2,120	46.80
600	600	215	21.6	32.4	13.0	254.00	199.00	1.920	139,000	4,630	23.40	4,670	434	4.30	2,730	50.90

Una vez introducidos los datos deseados pinchamos sobre el botón de continuar.

También existe la posibilidad de ver tres ejemplos de estructuras ya realizadas, que son: Viga empotrada, Torre de alta tensión y Canasta de baloncesto.



**Elección de coordenadas:**

El siguiente paso consiste en situar a cada nudo con sus tres coordenadas (x,y,z).

1	0	0	0
2	00	0	0
3	00	0	00
4	0	0	00
5	00	00	00

Continuar

**Elección de las barras:**

Ahora unimos las barras indicando para cada barra el nudo inicial y el nudo final.

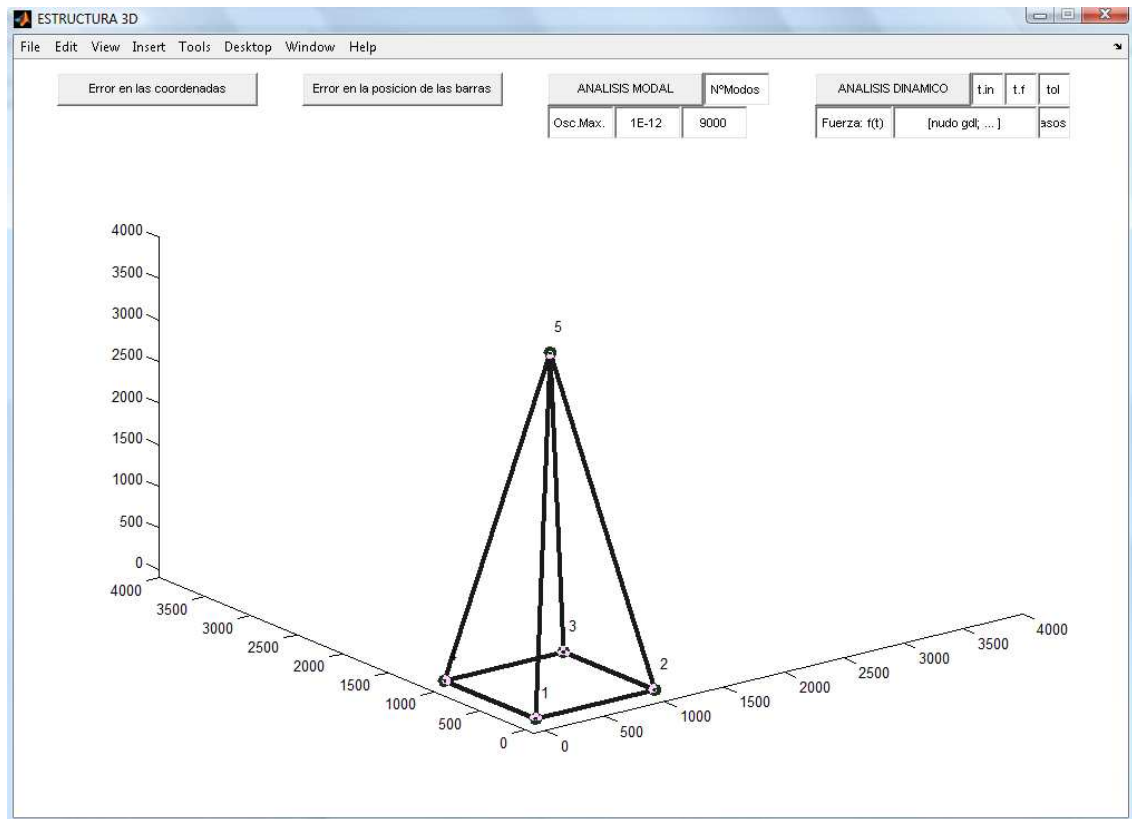
1	1	2
2	2	3
3	3	4
4	4	1
5	5	1
6	5	2
7	5	3
8	5	4

Continuar



### Dibujo de la estructura:

Finalmente dibuja la estructura tridimensional dando lugar a 4 opciones:



1) Error en las coordenadas: Te da la opción de volver al menú de coordenadas para rectificar algún posible fallo y vuelve a dibujar la estructura.

2) Error en la posición de las barras: Te da la opción de volver al menú de elección de las barras para rectificar algún posible fallo y vuelve a dibujar la estructura.

*Al aplicar las dos siguientes opciones se mostrará en pantalla una única vez un menú con el número de nudos y los grados de libertad (desplazamiento en x,y,z y giro en x,y,z) que se desean restringir.*

**NOTA IMPORTANTE:** La estructura ha de ser restringida correctamente para que el programa pueda continuar. NO ES UN PROGRAMA DE MECANISMOS.



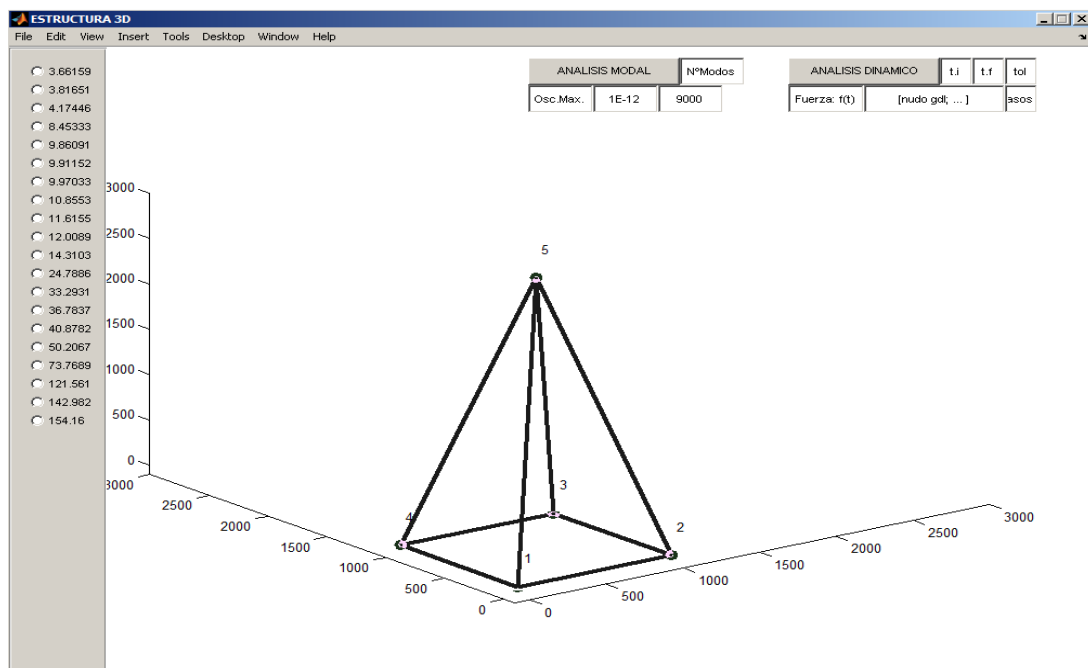
3) Análisis Modal: Realiza el análisis modal a la estructura dando lugar a sus frecuencias propias para su posterior simulación. El menú te permite variar manualmente cuatro elementos:

Número de modos

Oscilación máxima

Tolerancia

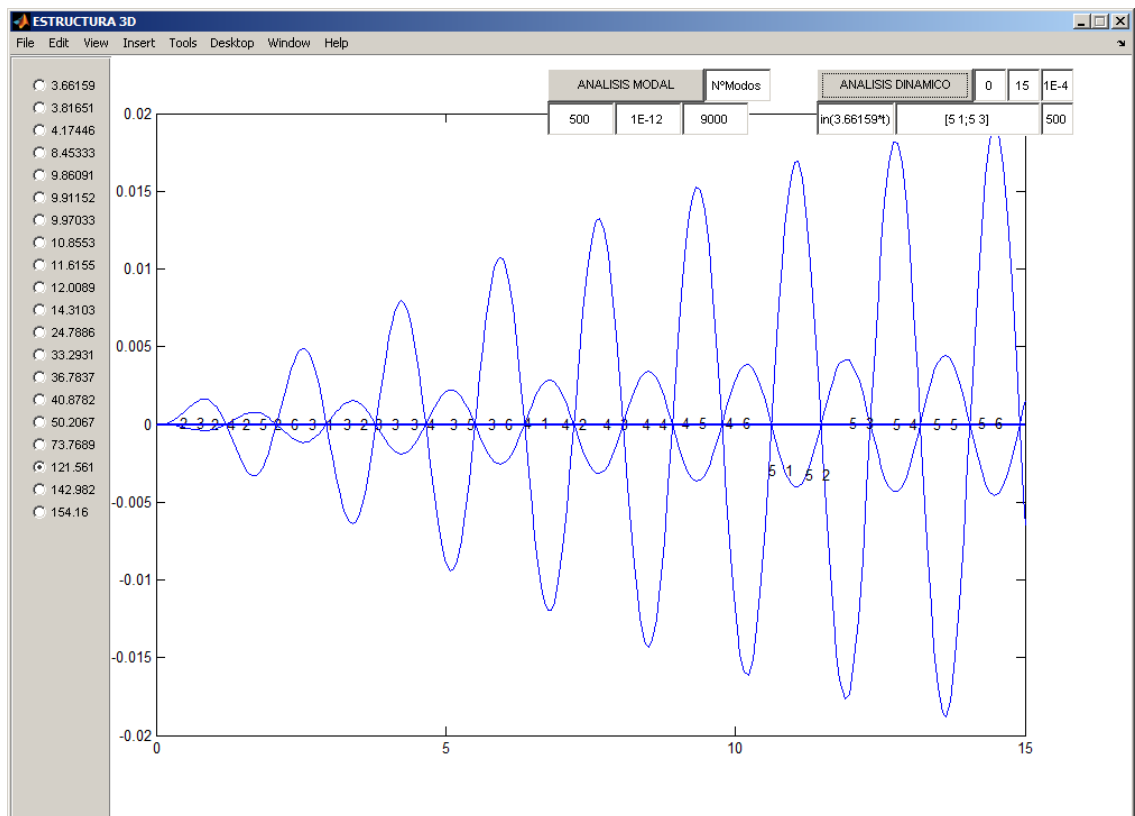
Iteraciones





1) Análisis Dinámico: Realiza el análisis dinámico a la estructura dando como resultado una gráfica indicando los desplazamientos de cada nudo y grado de libertad. Para ello el programa da la opción de insertar los valores deseados de los siguientes elementos:

- 2)
- Tiempo inicial
  - Tiempo final
  - Tolerancia
  - Fuerza a aplicar
  - Dónde se va a aplicar dicha fuerza (nudo, grado de libertad)
  - Pasos
  - Oscilación máxima (necesaria para la simulación)



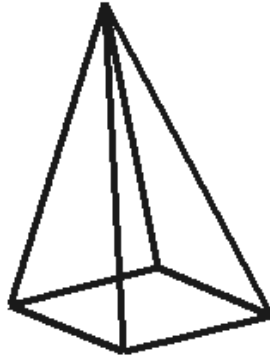
Este gráfico nos permite observar los grados de libertad más afectados y el orden de magnitud en el que trabajamos en función del tiempo. Los desplazamientos están en milímetros y los giros en radianes.

Precisamente en este caso hemos excitado la estructura en su primer modo de vibración obteniendo este efecto resonante tan indeseado en una estructura.

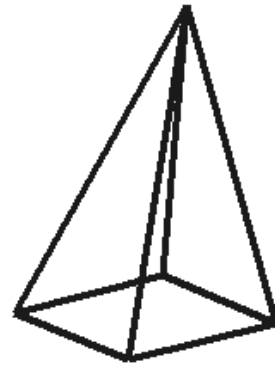
Para ver la simulación una vez que queramos visualizar lo que muestra el gráfico hay que hacer clic en pantalla y pulsar cualquier tecla, acompañando a la simulación aparecerá un cronómetro indicando el tiempo. Veamos una captura de la simulación:



4.7327



5.0362



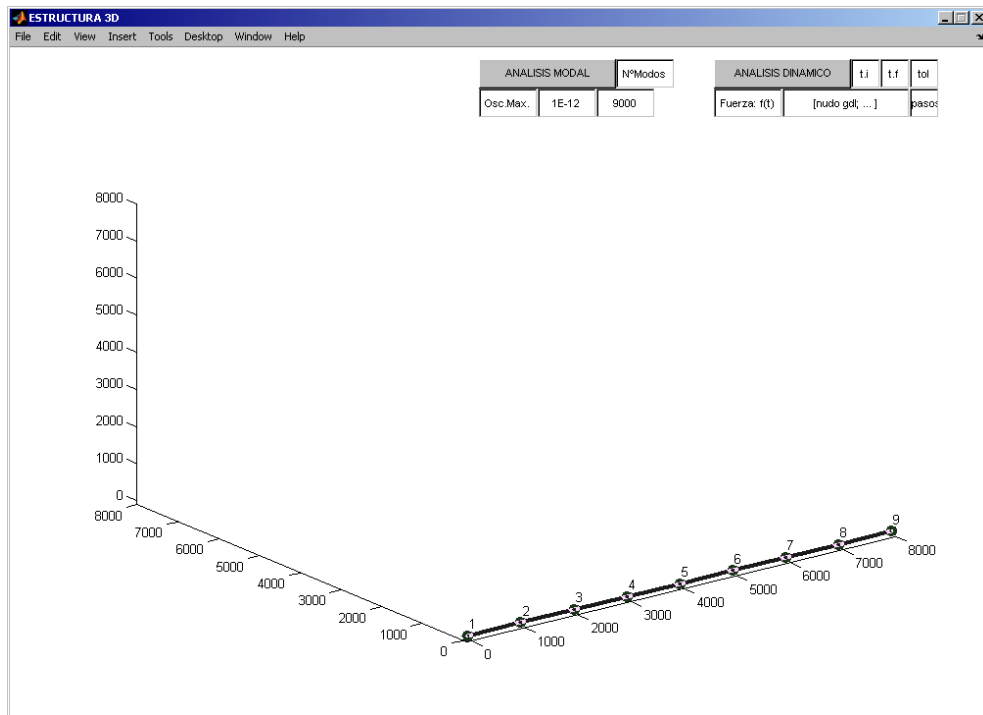
5.8923



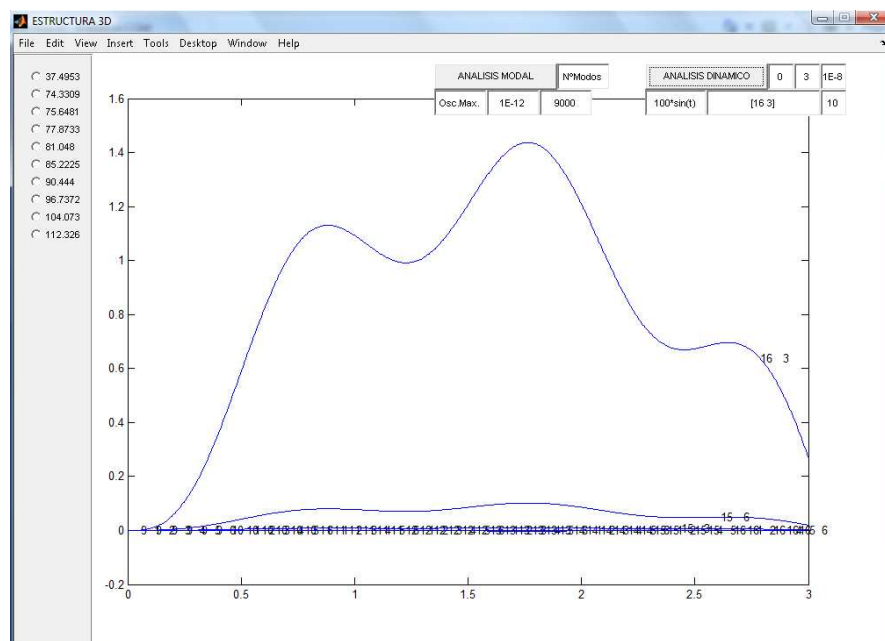
## EJEMPLO 1: VIGA EMPOTRADA

En este ejemplo se ha construido una viga horizontal con uno de sus extremos empotrado.

### Análisis Modal



### Análisis dinámico

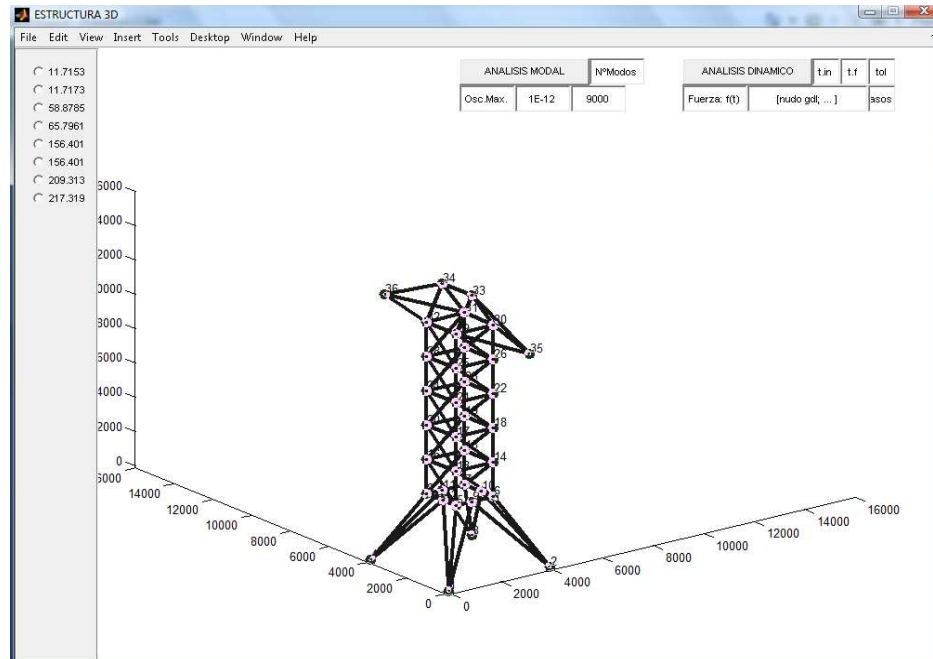




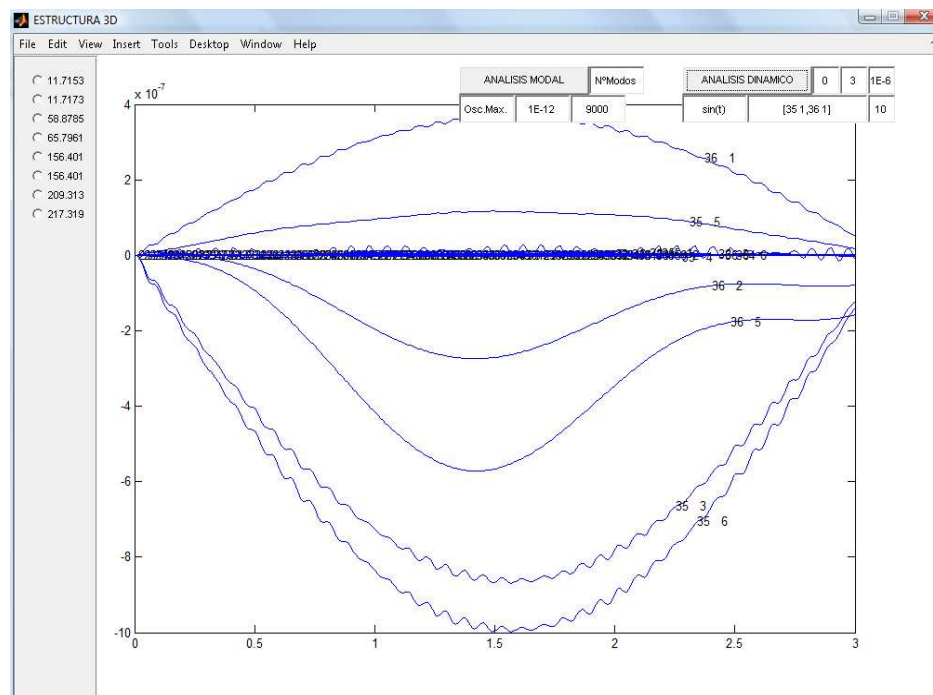
## EJEMPLO 2: TORRE DE ALTA TENSIÓN

En este caso hemos construido una torre eléctrica de alta tensión en donde se indica, al igual que otros ejemplos, los números de los nudos. En el análisis modal se aprecia como en estructuras complejas cada frecuencia afecta especialmente a una parte de la misma, aunque en realidad todos los grados de libertad sufren pequeñas deformaciones.

### Análisis Modal

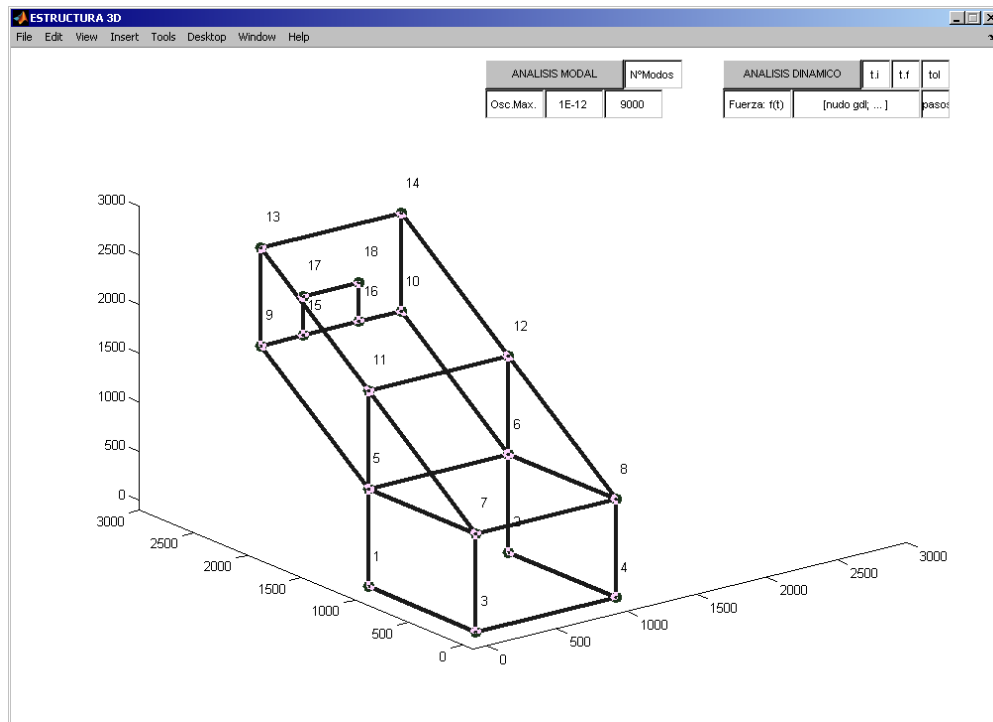
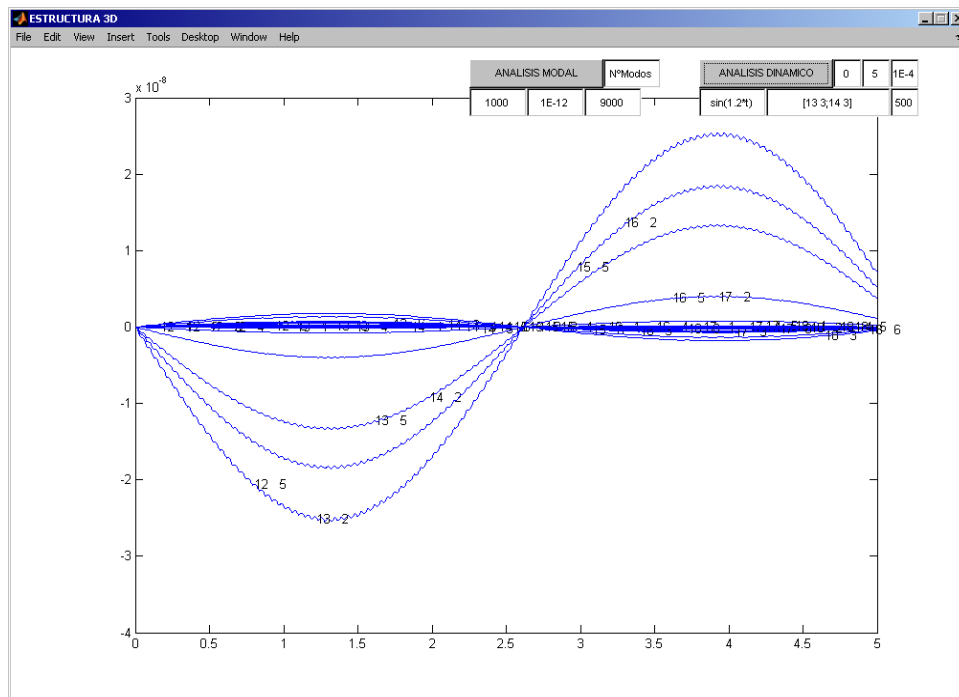


### Análisis dinámico



**EJEMPLO 3: CANASTA DE BALONCESTO**

En este último ejemplo hemos construido una canasta de baloncesto. A continuación mostramos el análisis modal y dinámico de esta estructura.

*Análisis Modal**Análisis dinámico*





## Resolución sistema

En este apartado puede verse como se han implementado los principales algoritmos para realizar el análisis modal y dinámico en estructuras de tres dimensiones.

Para realizar el análisis modal de una estructura hemos utilizado los siguientes métodos numéricos: factorización LU, potencia inversa y deflación de Wielandt.

Para comenzar hemos hecho uso de la factorización LU para resolver sistemas de ecuaciones. Posteriormente aplicamos conjuntamente el método de la potencia inversa y el método de deflación de Wielandt para hallar los valores y vectores propios de la estructura.

A continuación se muestran algunos de los más importantes archivos de Matlab que hemos utilizado en este trabajo.



```
function [Kd Md x]=deflacion(K,M,n,z,p,autovalor)

if M==eye(n)

    x=K(p,:)'/(autovalor*z(p));

    B=K-autovalor*z*x';

    Kd=B;

    Kd(p,:)=[];

    Kd(:,p)=[];

    Md=eye(n-1);

else

    [luM pvtM]=LUfactor(M);

    for j=1:n                                %calculo de x tal que x'*z=1

        aux=LUsolve(luM,(1/(autovalor*z(p)))*K(:,j),pvtM);

        x(j)=aux(p);

    end

end
```



```
function [autovalor z p]=metpot(K,M,l,TOL,itmax)

%INPUT                                [K]*z = autovalor*[M]*z

%K=primera matriz (KTrestr)

%M=segunda matriz (MTrestr)

%OUTPUT

%z=vector propio

%autovalor=valor propio asociado con menor valor abs

lon=length(K);

z = rand(lon,1);

[z p]=normalice(z);

w = zeros(lon,1);

[luA pvtA]=LUfactor(K-l*M);

for it=1:itmax

    w = z;

    if M==eye(lon)
```



```
function [vects landa] = vectores_valores_propios (A1,A2, frecs, TOL, Nmax )
```

```
n = length(A1);
```

```
l = zeros ( 1, frecs );
```

```
v = zeros ( n, frecs );
```

```
j = zeros ( 1, frecs );
```

```
x = zeros ( frecs, n );
```

```
[l(1) v(:,1)] = metpot( A1,A2,0, TOL*1E5, round(Nmax/4) );
```

```
[l(1) v(:,1) p] = metpot( A1,A2,l(1), TOL, Nmax );
```

```
%DEFLACIONES SUCESIVAS Y ALACENAMIENTO DE LOS DATOS OBTENIDOS
```

```
for i = 2:frecs
```

```
    [A1 A2 x(i,1:n+2-i)] = deflacion( A1,A2, n+2-i, v(1:n-i+2,i-1),p,l(i-1) );
```

```
    [l(i) v(1:n-i+1,i)] = metpot( A1,A2, l(i-1),TOL*1E5, round(Nmax/4) );
```



Para el análisis dinámico hemos escogido el método Runge kutta adaptativo 45, el cual es una combinación del Rkf4+ Rkf5. Se trata de un método eficiente para los problemas de integración numérica.

Aquí se muestra el algoritmo creado de este método:

```
function [T,Y] = rk45adapt(f,a,b,ya,m,tol,K,M,F)

global Fu

% [T,Y] = rkf45('f',a,b,ya,m,K,M)
%
% INPUTS
% f nombre de la funcion: @funcion
% a t inicial
% b t final
% ya y[a]
% m pasos deseados incialmente
% K,M son las matrices de coeficientes de la ec diferencial
%
%OUTPUTS
% T valores de t
% F valores de f

a2 = 1/4; b2 = 1/4; a3 = 3/8; b3 = 3/32; c3 = 9/32; a4 = 12/13;
b4 = 1932/2197; c4 = -7200/2197; d4 = 7296/2197; a5 = 1;
b5 = 439/216; c5 = -8; d5 = 3680/513; e5 = -845/4104; a6 = 1/2;
b6 = -8/27; c6 = 2; d6 = -3544/2565; e6 = 1859/4104; f6 = -11/40;
```



```

while T(1,j)<b

    if T(1,j)+h>br, h=b-T(1,j); end

    tj=T(1,j); yj=Y(:,j);

    y1 = yj;

    k1 = h*feval(f,tj,y1,K,M,F);

    y2 = yj+b2*k1;

    k2 = h*feval(f,tj+a2*h,y2,K,M,F);

    y3 = yj+b3*k1+c3*k2;

    k3 = h*feval(f,tj+a3*h,y3,K,M,F);

    y4 = yj+b4*k1+c4*k2+d4*k3;

    k4 = h*feval(f,tj+a4*h,y4,K,M,F);

    y5 = yj+b5*k1+c5*k2+d5*k3+e5*k4;

    k5 = h*feval(f,tj+a5*h,y5,K,M,F);

    y6 = yj+b6*k1+c6*k2+d6*k3+e6*k4+f6*k5;

    k6 = h*feval(f,tj+a6*h,y6,K,M,F);

    zeta = r1*yj+r2*k1+r3*k3+r4*k4+r5*k5+r6*k6;

    ynueva = n1*yj+n2*k1+n3*k3+n4*k4+n5*k5;

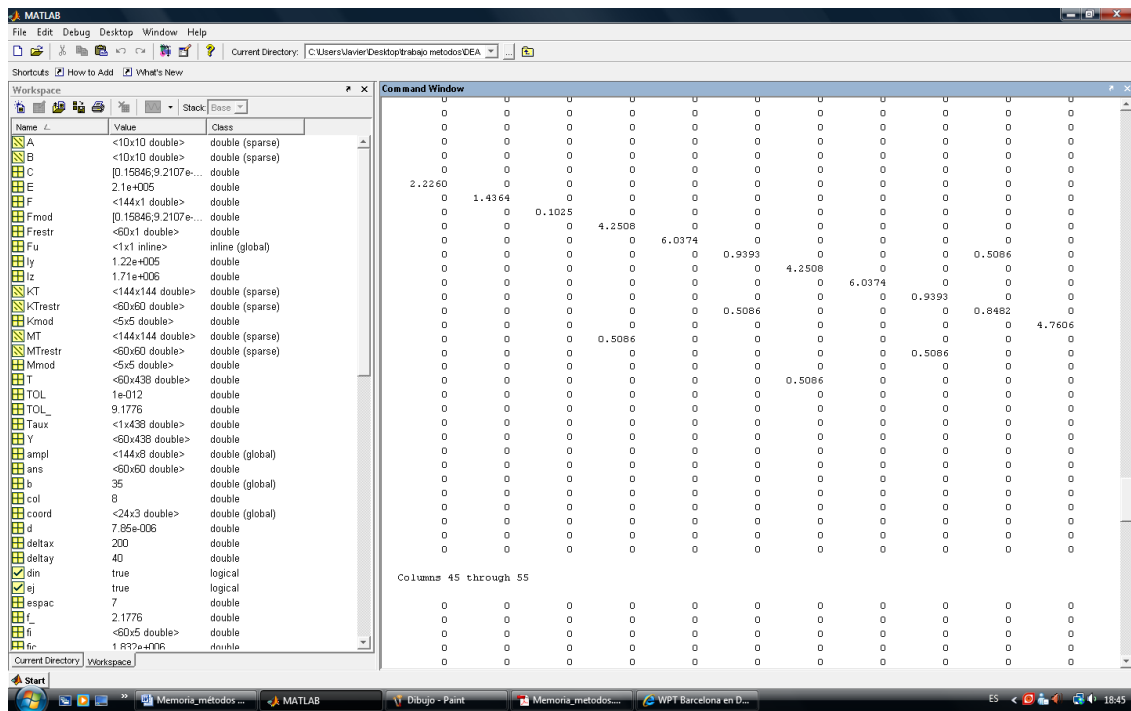
    err=max(abs(zeta-ynueva))/max(abs(ynueva));
  
```



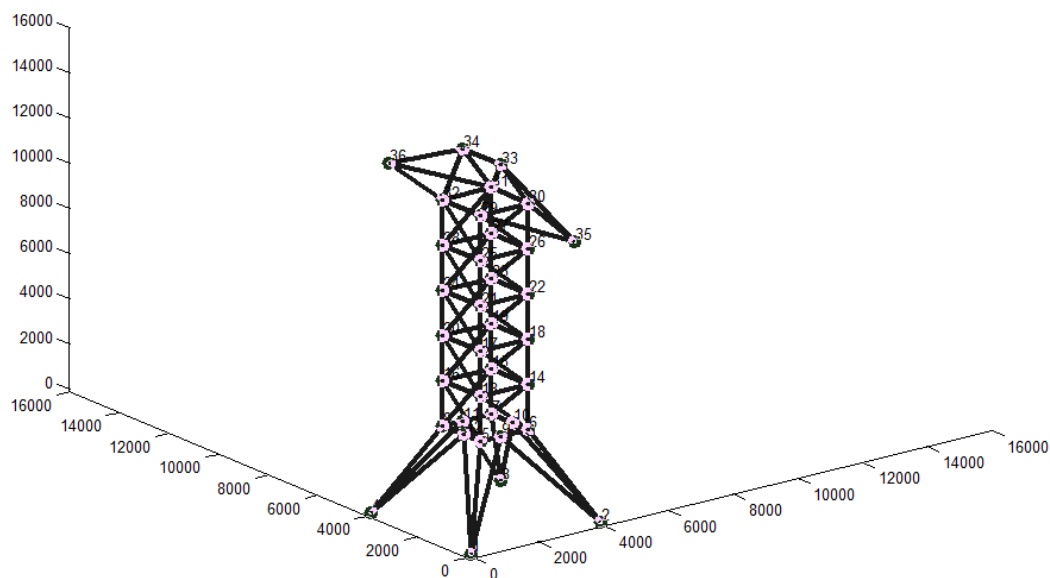
## Resultados finales

El menú de resultados ofrece: una amplia variedad de gráficos (2D, 3D), textos y conclusiones para el análisis de los datos puestos en juego.

Los resultados que pueden verse por pantalla son:  
Una gran variedad de matrices (K, M, etc.):

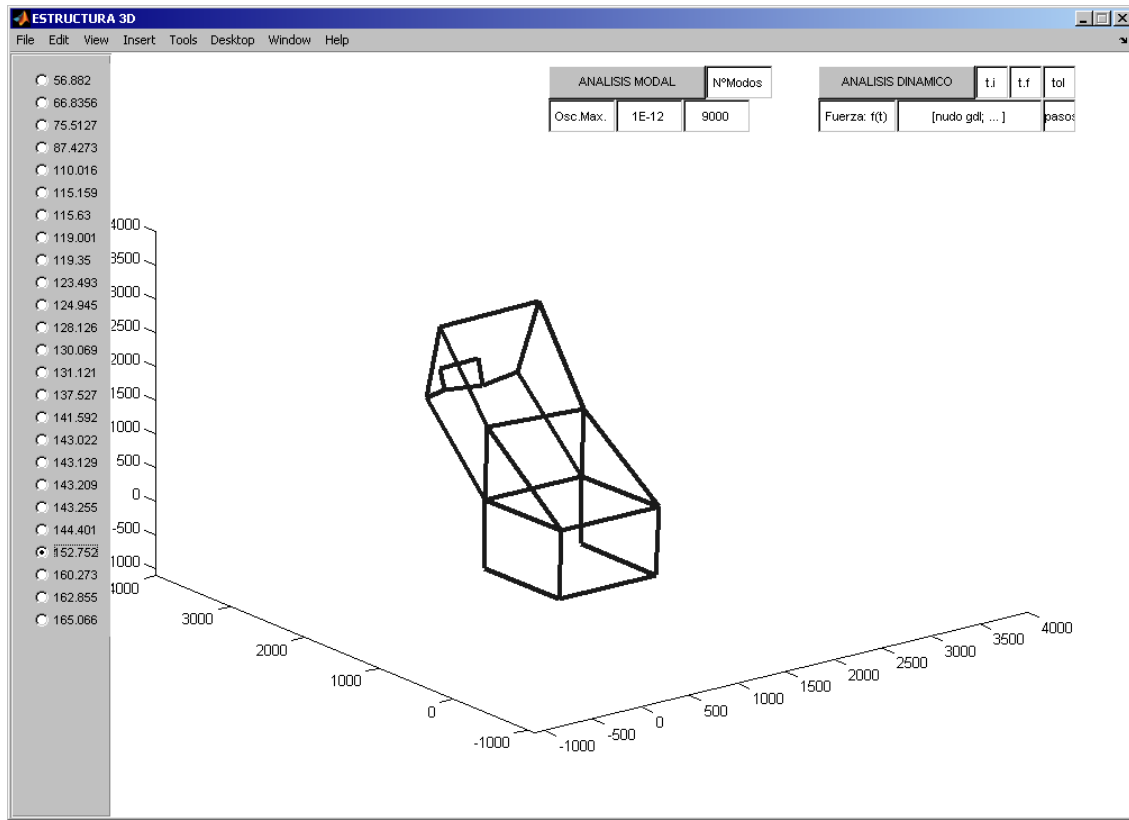


Dibujos en tres dimensiones de estructuras:

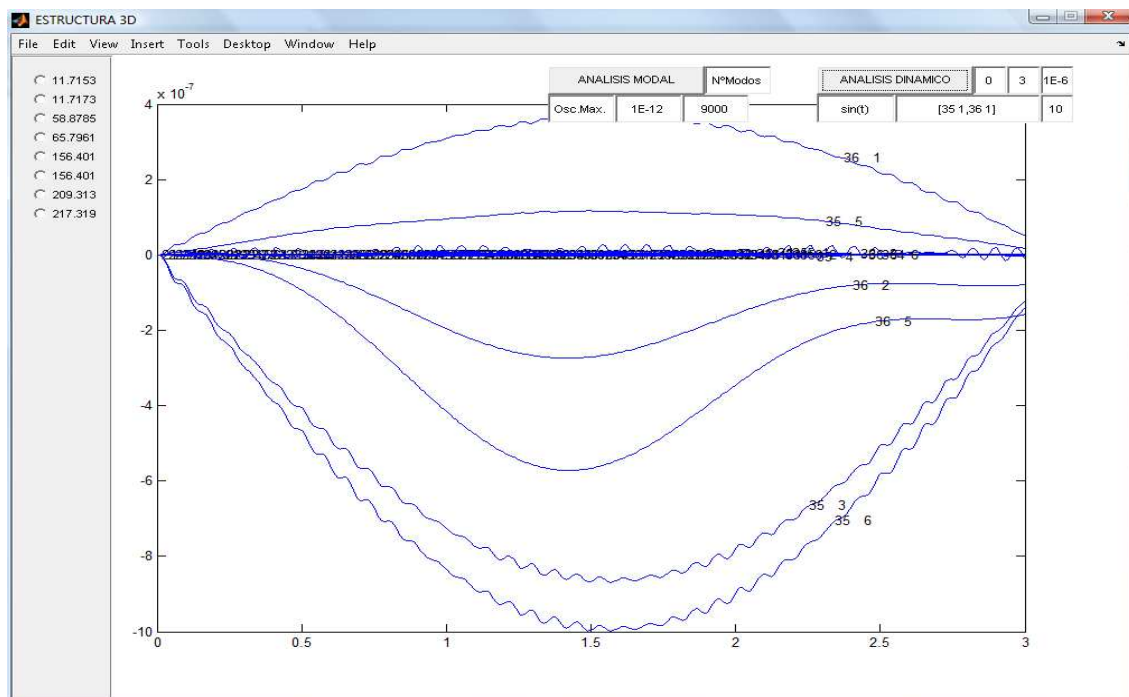




### Cálculo de valores y vectores propios con su respectiva simulación:



### Análisis dinámico de la estructura y observación de los desplazamientos:







## 1.8.4 PROGRAMACIÓN EN MATLAB

A continuación mostramos todos los archivos y algoritmos implementados en Matlab para realizar el análisis dinámico y modal en estructuras tridimensionales:

### Capt\_Barras.m:

```
global ni nf b

for i=1:b
ni(i)=str2num(get(h_( 3*i-1),'string'));
nf(i)=str2num(get(h_( 3*i),'string'));
end
close
close
[KT MT]=matriz_rigidez_masas(ni,nf,coord,E,A,d,Iy,Iz,g,fic,b,m);
dibuja;
```

### Capt\_ini.m:

```
mat=get(h_( 6),'string');
n=str2num(get(h_( 2),'string'));
b=str2num(get(h_( 4),'string'));
Iz=str2num(get(h_( 8),'string'));
Iy=str2num(get(h_( 10),'string'));
g=str2num(get(h_( 12),'string'));
A=str2num(get(h_( 14),'string'));

fic=Iz+Iy;
m=n*6;

for i=1:n           %inicializo las coordenadas a cero para que se
ejecute el display correspondiente
    for j=3
        coord(i,j)=0;
    end
end

for i=1:b
    ni(i)=i;
    nf(i)=i+1;
end

switch mat
    case 'Acero',
        E=210000;      %Mpa
        d=7850E-9;     %kg/mm^3
        close
        disp_nudos
    case 'Aluminio',
        E=70000;
        d=2700E-9;
```



```

        close
        disp_nudos;
    case 'Madera Roble',
        E=10000;
        d=1000E-9;
        close
        disp_nudos;
    case 'Madera Pino',
        E=7000;
        d=700E-9;
        close
        disp_nudos;
    otherwise
        clear all
        close
        inicio;
end

```

### Capt\_nudos.m:

```

for i=1:n
    coord(i,1)=str2num(get(h_( 4*i-2), 'string'));
    coord(i,2)=str2num(get(h_( 4*i-1), 'string'));
    coord(i,3)=str2num(get(h_( 4*i), 'string'));
end
close
if revision==false
    close
    disp_barras;
else
    close
    [KT
MT]=matriz_rigidez_masas(ni,nf,coord,E,A,d,Iy,Iz,g,fic,b,m);
    dibuja;
end

```

### Captura.m

```

mat=get(h_( 6), 'string');
n=str2num(get(h_( 2), 'string'));
b=str2num(get(h_( 4), 'string'));
Iz=str2num(get(h_( 8), 'string'));
Iy=str2num(get(h_( 10), 'string'));
g=str2num(get(h_( 12), 'string'));
A=str2num(get(h_( 14), 'string'));

fic=Iz+Iy;
m=n*6;

for i=1:n           %inicializo las coordenadas a cero para que se
ejecute              el display
correspondiente

```



```

    for j=3
        coord(i,j)=0;
    end
end

for i=1:b
    ni(i)=i;
    nf(i)=i+1;
end

switch mat
    case 'Acero',
        E=210000;    %Mpa
        d=7850E-9;    %kg/mm^3
        close
        disp_nudos
    case 'Aluminio',
        E=70000;
        d=2700E-9;
        close
        disp_nudos;
    case 'Madera Roble',
        E=10000;
        d=1000E-9;
        close
        disp_nudos;
    case 'Madera Pino',
        E=7000;
        d=700E-9;
        close
        disp_nudos;
    otherwise
        clear all
        close
        inicio;
end

```

### Contorno\_dinámico.m

```

global n Fu

presc=str2num(get(presc_,'string'));

TOL=str2num(get(TOL_,'string'));

its=str2num(get(its_,'string'));

```



```
nudo=str2num(get(n_,'string'));

for i=1:length(nudo(:,1))
    nudos(i)=6*nudo(i,1)-6+nudo(i,2);
end

F=zeros(length(KT),1);

for i=1:length(nudos(:,1))
    F(nudos(i),1)=1;
end

Fu=inline(get(f_,'string'));

tin=str2num(get(h_(7),'string'));
tf=str2num(get(h_(8),'string'));
tol=str2num(get(tol_,'string'));
pasos=str2num(get(pasos_,'string'));

if ej==false && mo==false && din==false

    figure;

    if n<11
        alto=60+20*n;
        ancho=170;
        origeny1=25+20*n;
    else
        alto=275;
```



```
        ancho=80*sqrt(n);

        origeny1=225;

end

set(gcf,'name','Restriccion de grados de libertad (Ux Uy Uz
giro x giro y giro
z)','menubar','none','color','k','NumberTitle','off','resize','off
','position',[200 200 ancho alto]);

originLabel =[10 origeny1 20 40];
originBox= [30 origeny1+25 20 20];
deltax=20;
deltay=20;

for i=1:n
    switch i
        case 11,
            originBox=originBox+[140 200 0 0];
            originLabel=originLabel+[140 200 0 0];
        case 21,
            originBox=originBox+[140 200 0 0];
            originLabel=originLabel+[140 200 0 0];
        case 31,
            originBox=originBox+[140 200 0 0];
            originLabel=originLabel+[140 200 0 0];
        case 41,
            originBox=originBox+[140 200 0 0];
```



```

originLabel=originLabel+[140 200 0 0];

case 51,

originBox=originBox+[140 200 0 0];

originLabel=originLabel+[140 200 0 0];

otherwise

originBox=originBox;

originLabel=originLabel;

end

h_(7*i-
6)=uicontrol('style','text','string',i,'units','pixels','Position'
,originLabel+[0 -i*deltay 0
0],'BackgroundColor','k','ForegroundColor','w');

h_(7*i-
5)=uicontrol('style','edit','string','0','units','pixels','Positio
n',originBox+[0 -i*deltay 0
0],'BackgroundColor','w','ForegroundColor','k');

h_(7*i-
4)=uicontrol('style','edit','string','0','units','pixels','Positio
n',originBox+[deltax -i*deltay 0
0],'BackgroundColor','w','ForegroundColor','k');

h_(7*i-
3)=uicontrol('style','edit','string','0','units','pixels','Positio
n',originBox+[2*deltax -i*deltay 0
0],'BackgroundColor','w','ForegroundColor','k');

h_(7*i-
2)=uicontrol('style','edit','string','0','units','pixels','Positio
n',originBox+[3*deltax -i*deltay 0
0],'BackgroundColor','w','ForegroundColor','k');

h_(7*i-
1)=uicontrol('style','edit','string','0','units','pixels','Positio
n',originBox+[4*deltax -i*deltay 0
0],'BackgroundColor','w','ForegroundColor','k');

h_(7*i)=uicontrol('style','edit','string','0','units','pixels','Po
sition',originBox+[5*deltax -i*deltay 0
0],'BackgroundColor','w','ForegroundColor','k');

```



```
end
```

```
% Captura de datos
```

```
h_(7*n+1)=uicontrol('style','pushbutton','string','Continuar','units','pixels','Position',[ancho/2-40 20 80 25],'Callback','fuerza');
```

```
clear ancho alto originBox originLabel deltax deltay origenyl;
```

```
drawnow;
```

```
else
```

```
dinamico
```

```
end
```

### contorno\_modal.m

```
global n frecs
```

```
frecs=str2num(get(h_(4),'string'));
```

```
presc=str2num(get(presc_,'string'));
```

```
TOL=str2num(get(TOL_,'string'));
```

```
its=str2num(get(its_,'string'));
```

```
if ej==false && din==false && mo==false
```

```
figure;
```

```
if n<11
```

```
alto=60+20*n;
```



```
    ancho=170;

    origeny1=25+20*n;

else

    alto=275;

    ancho=80*sqrt(n);

    origeny1=225;

end

set(gcf,'name','Restriccion de grados de libertad (Ux Uy Uz giro x
giro y giro
z)','menubar','none','color','k','NumberTitle','off','resize','off
','position',[200 200 ancho alto]);

originLabel =[10 origeny1 20 40];

originBox= [30 origeny1+25 20 20];

deltax=20;

deltay=20;

for i=1:n

    switch i

    case 11,

        originBox=originBox+[140 200 0 0];

        originLabel=originLabel+[140 200 0 0];

    case 21,

        originBox=originBox+[140 200 0 0];

        originLabel=originLabel+[140 200 0 0];

    case 31,
```





```

originBox=originBox+[140 200 0 0];
originLabel=originLabel+[140 200 0 0];

case 41,
originBox=originBox+[140 200 0 0];
originLabel=originLabel+[140 200 0 0];

case 51,
originBox=originBox+[140 200 0 0];
originLabel=originLabel+[140 200 0 0];

otherwise

originBox=originBox;
originLabel=originLabel;

end

h_(7*i-
6)=uicontrol('style','text','string',i,'units','pixels','Position'
,originLabel+[0 -i*deltay 0
0],'BackgroundColor','k','ForegroundColor','w');

h_(7*i-
5)=uicontrol('style','edit','string','0','units','pixels','Positio
n',originBox+[0 -i*deltay 0
0],'BackgroundColor','w','ForegroundColor','k');

h_(7*i-
4)=uicontrol('style','edit','string','0','units','pixels','Positio
n',originBox+[deltax -i*deltay 0
0],'BackgroundColor','w','ForegroundColor','k');

h_(7*i-
3)=uicontrol('style','edit','string','0','units','pixels','Positio
n',originBox+[2*deltax -i*deltay 0
0],'BackgroundColor','w','ForegroundColor','k');

h_(7*i-
2)=uicontrol('style','edit','string','0','units','pixels','Positio
n',originBox+[3*deltax -i*deltay 0
0],'BackgroundColor','w','ForegroundColor','k');

h_(7*i-
1)=uicontrol('style','edit','string','0','units','pixels','Positio

```



```

n',originBox+[4*deltax -i*deltay 0
0], 'BackgroundColor', 'w', 'ForegroundColor', 'k');

h_(7*i)=uicontrol('style','edit','string','0','units','pixels','Po
sition',originBox+[5*deltax -i*deltay 0
0], 'BackgroundColor', 'w', 'ForegroundColor', 'k');

end

% Captura de datos

h_(7*n+1)=uicontrol('style','pushbutton','string','Continuar','uni
ts','pixels','Position',[ancho/2-40 20 80 25], 'Callback','modal');

clear ancho alto originBox originLabel deltax deltay origenyl;

drawnow;

else

    modal

end

```

### deflacion.m

```

function [Kd Md x]=deflacion(K,M,n,z,p,autovalor)

if M==eye(n)

    x=K(p,:)'/ (autovalor*z(p));

```



```

B=K-autovalor*z*x';

Kd=B;

Kd(p,:)=[];

Kd(:,p)=[];

Md=eye(n-1);

else

[luM pvtM]=LUfactor(M);

for j=1:n           %calculo de x tal que x'*z=1
    aux=LUsolve(luM,(1/(autovalor*z(p)))*K(:,j),pvtM);
    x(j)=aux(p);
end

Aaux=inv(M)*K;

x=Aaux(p,:)'/ (autovalor*z(p));

b1=K-autovalor*M*z*x';

B=zeros(n);

for i=1:n           %Deflacion
    aux=LUsolve(luM,b1(:,i),pvtM);
    B(:,i)=aux';
end

Kd=B;               %K^(-1)*M=B

Kd(p,:)=[];

```



```

Kd(:,p)=[ ];

Md=eye(n-1);

end

dibuja.m

close
close

global n b ni nf coord minimo maximo

revision=true;

maximo=max(100,max(max(coord)));

minimo=min(-100,min(min(coord)));

set(gcf,'name','ESTRUCTURA
3D','color','w','NumberTitle','off','resize','off','position',[200
100 1000 680]);

for i=1:n    %dibuja los nudos

plot3(coord(i,1),coord(i,3),coord(i,2),'ro','erasemode','xor','lin
ewidth',3,'color',[0.1 0.2 0.1]);

text(coord(i,1)+170,coord(i,3)+170,coord(i,2)+170,num2str([i]))

hold on

end

```



```

for i=1:b    %dibuja las barras

plot3([coord(ni(i),1),coord(nf(i),1)],[coord(ni(i),3),coord(nf(i),
3)],[coord(ni(i),2),coord(nf(i),2)], 'linewidth',3, 'color',[0.1 0.1
0.1])

    hold on

end

axis([minimo maximo minimo maximo minimo maximo])


if ej==false & mo==false

    h_(1)=uicontrol('style','pushbutton','string','Error en las
coordenadas','units','pixels','Position',[40 640 180
30],'Callback','disp_nudos');

    h_(2)=uicontrol('style','pushbutton','string','Error en la
posicion de las barras','units','pixels','Position',[260 640 180
30],'Callback','disp_barras');

end


%BOTONES ANALISIS DINAMICO

h_(5)=uicontrol('style','pushbutton','string','ANALISIS
DINAMICO','units','pixels','Position',[720 640 140
30],'Callback','contorno_dinamico');


h_(7)=uicontrol('style','edit','string','t.i','units','pixels','Po
sition',[860 640 30
30],'BackgroundColor','w','ForegroundColor','k');

h_(8)=uicontrol('style','edit','string','t.f','units','pixels','Po

```



```
sition',[890 640 30
30], 'BackgroundColor', 'w', 'ForegroundColor', 'k');

f_=uicontrol('style','edit','string','Fuerza:
f(t)', 'units', 'pixels', 'Position', [720 610 70
30], 'BackgroundColor', 'w', 'ForegroundColor', 'k');

n_=uicontrol('style','edit','string','[nudo gdl; ...
]', 'units', 'pixels', 'Position', [790 610 130
30], 'BackgroundColor', 'w', 'ForegroundColor', 'k');

tol_=uicontrol('style','edit','string','tol', 'units', 'pixels', 'Pos
ition', [920 640 30
30], 'BackgroundColor', 'w', 'ForegroundColor', 'k');

pasos_=uicontrol('style','edit','string','pasos', 'units', 'pixels',
'Position', [920 610 30
30], 'BackgroundColor', 'w', 'ForegroundColor', 'k');

%BOTONES ANALISIS MODAL

h_(3)=uicontrol('style','pushbutton','string','ANALISIS
MODAL', 'units', 'pixels', 'Position', [480 640 140
30], 'Callback', 'contorno_modal');

h_(4)=uicontrol('style','edit','string','NºModos', 'units', 'pixels'
, 'Position', [620 640 60
30], 'BackgroundColor', 'w', 'ForegroundColor', 'k');

presc_=uicontrol('style','edit','string','Osc.Max.', 'units', 'pixel
s', 'Position', [480 610 60
30], 'BackgroundColor', 'w', 'ForegroundColor', 'k');

TOL_=uicontrol('style','edit','string','1E-
12', 'units', 'pixels', 'Position', [540 610 60
30], 'BackgroundColor', 'w', 'ForegroundColor', 'k');

its_=uicontrol('style','edit','string','9000', 'units', 'pixels', 'Po
sition', [600 610 60
30], 'BackgroundColor', 'w', 'ForegroundColor', 'k');
```



```

if mo==true

    posx=20;

    posy=640;

    h = uibuttongroup('visible','off','Position',[0 0 .09 1]);

    for i=1:frece

h_(8+i)=uicontrol('Style','Radio','String',w(1,i),'pos',[posx posy
68 30],'parent',h,'HandleVisibility','off');

        set(h,'SelectionChangeFcn',@dibuja_modal); %ejecuta en el
acto la funcion

        set(h,'SelectedObject',[]); % sin nada

        set(h,'Visible','on');

        posy=posy-20;

    end

end

drawnow

```

### dibuja\_dinamico.m

```

function dibuja_dinamico(T,Y,restriccion,presc)

global b ni nf coord minimo maximo

[nud ti]=size(T);

```



```

maxim=max(max(Y));

esc=presc*1/maxim;

Ynue=zeros(length(restriccion),ti);

pos=1;

for i=1:length(restriccion)
    if restriccion(i)==0
        Ynue(i,:)=Y(pos,:);
        pos=pos+1;
    end
end

Y=Ynue;

for t=2:ti
    hold off

    for i=1:b    %dibuja las barras

        plot3([coord(ni(i),1)+Y(6*ni(i)-
5,t)*esc,coord(nf(i),1)+Y(6*nf(i)-
5,t)*esc],[coord(ni(i),3)+Y(6*ni(i)-
3,t)*esc,coord(nf(i),3)+Y(6*nf(i)-
3,t)*esc],[coord(ni(i),2)+Y(6*ni(i)-
4,t)*esc,coord(nf(i),2)+Y(6*nf(i)-
4,t)*esc'],'linewidth',3,'color',[0.1 0.1 0.1])

        axis([minimo-1000 maximo+1000 minimo-1000 maximo+1000
minimo-1000 maximo+1000])

        text(-2000,-200,-2000,num2str(T(1,t)))

        hold on
    end

    pause((T(1,t)-T(1,t-1))/100000);
end

```



**dibuja\_modal.m**

```
function dibuja_modal(source,eventdata)

global n b ni nf coord frecs w ampl minimo maximo

welegida=str2num(get(eventdata.NewValue,'String'));

for j=1:frecs
    if w(1,j)<1.01*welegida && w(1,j)>0.99*welegida
        break
    end
end

[aux p]=normalice(w);

t_i=0;
t_f=2*pi/welegida;
inc=t_f/50;

for t= t_i:inc:t_f
    hold off

    if t>0

        for i=1:b      %dibuja las barras
```



```

        plot3([coord(ni(i),1)+ampl(6*ni(i)-
5,j)*sin(welegida*t),coord(nf(i),1)+ampl(6*nf(i)-
5,j)*sin(welegida*t)], [coord(ni(i),3)+ampl(6*ni(i)-
3,j)*sin(welegida*t),coord(nf(i),3)+ampl(6*nf(i)-
3,j)*sin(welegida*t)], [coord(ni(i),2)+ampl(6*ni(i)-
4,j)*sin(welegida*t),coord(nf(i),2)+ampl(6*nf(i)-
4,j)*sin(welegida*t)], 'linewidth',3, 'color',[0.1 0.1 0.1])

        axis([minimo-1000 maximo+1000 minimo-1000 maximo+1000
minimo-1000 maximo+1000])

        hold on

    end

end

    pause(0.0001*welegida/w(1,p));

end

```

### dinamico.m

```

if ej==false && mo==false && din==false

    [restriccion]=vector_restr(h_,m);

    close

end

if mo==false && din==false

    KTrestr=restringir(KT,restriccion);

```



```
MTrestr=restringir(MT,restriccion);

end

Frestr=restringir(F,restriccion);

din=true;

if mo==true

    if length(fi(1,:))>4

        fi=fi(:,1:5);

    else

        frecs=5;

        [fi
wcuad]=vectores_valores_propios(KTrestr,MTrestr,frecs,TOL,its);

        w=wcuad;

    end

else

        frecs=5;

        [fi
wcuad]=vectores_valores_propios(KTrestr,MTrestr,frecs,TOL,its);

        w=wcuad;

    end

end

%PREPARACION DE LA RESOLUCION DE LA EC DE SEGUNDO ORDEN (aprox
modal)

Kmod=fi'*KTrestr*fi;

Mmod=fi'*MTrestr*fi;

Fmod=fi'*Frestr;

l=length(Mmod);
```



```

A=[sparse(1,1) Mmod; eye(1) sparse(1,1)];
B=[Kmod sparse(1,1); sparse(1,1) -eye(1)];
C=[Fmod;zeros(1,1)];

%Runge-kutta

[T Y]=rk45adaptv(@ecfuerza,tin,tf,0,pasos,tol,A,B,C);

%Nos quedamos con la variable de interes

Taux=T(1,:);

clear T

for i=1:length(Frestr)

T(i,:)=Taux;

end

%deshacer el cambio de variable modal y quedarnos con la parte
desada del

%vector Y para representarlo:

Y=Y(1:1,:); %u=fi*gi

Y=fi*Y;

%dibujarlo

hold off

espac=max(1,floor(length(T(1,:))/length(T(:,1))));

sum=0;

for i=1:length(T(:,1))

```



```
plot(T(i,:),Y(i,:))

%%%para poner numeros en las graficas
for j=1:m
    if restriccion(j)==1
        sum=sum+1;
    end
end

valorex=(i+sum)/6;
valor_n=ceil(valorex);
valor_gdl=6-round((valor_n-valorex)*6);
text(T(i,i*espac),Y(i,i*espac),num2str([valor_n valor_gdl]))
%%%

hold on

sum=0;

end

pause

dibuja_dinamico(T,Y,restriccion,presc)

pause

dibuja

%modalizar las matrices y la fuerza y hacer runge kutta
```

**Disp\_barras.m**



```
figure;
```

```
if b<11
```

```
    alto=60+20*b;
```

```
    ancho=100;
```

```
    origeny1=25+20*b;
```

```
else
```

```
    alto=275;
```

```
    ancho=66*sqrt(b);
```

```
    origeny1=225;
```

```
end
```

```
set(gcf,'name','ORIGEN Y DESTINO DE LAS  
BARRAS','menubar','none','color','k','NumberTitle','off','resize',  
'off','position',[200 200 ancho alto]);
```

```
originLabel =[10 origeny1 20 40];
```

```
originBox= [30 origeny1+25 20 20];
```

```
deltax=20;
```

```
deltay=20;
```

```
for i=1:b
```

```
    switch i
```

```
        case 11,
```

```
            originBox=originBox+[80 200 0 0];
```

```
            originLabel=originLabel+[80 200 0 0];
```

```
        case 21,
```



```

originBox=originBox+[80 200 0 0];
originLabel=originLabel+[80 200 0 0];

case 31,

originBox=originBox+[80 200 0 0];
originLabel=originLabel+[80 200 0 0];

case 41,

originBox=originBox+[80 200 0 0];
originLabel=originLabel+[80 200 0 0];

case 51,

originBox=originBox+[80 200 0 0];
originLabel=originLabel+[80 200 0 0];

otherwise

originBox=originBox;
originLabel=originLabel;

end

h_( 3*i-
2)=uicontrol('style','text','string',i,'units','pixels','Position'
,originLabel+[0 -i*deltay 0
0],'BackgroundColor','k','ForegroundColor','w');

h_( 3*i-
1)=uicontrol('style','edit','string',i,'units','pixels','Position'
,originBox+[0 -i*deltay 0
0],'BackgroundColor','w','ForegroundColor','k');

h_(
3*i)=uicontrol('style','edit','string',i+1,'units','pixels','Posit
ion',originBox+[deltax -i*deltay 0
0],'BackgroundColor','w','ForegroundColor','k');

end

% Captura de datos

```



```
h_(3*b+1)=uicontrol('style','pushbutton','string','Continuar','units','pixels','Position',[ancho/2-40 20 80 25],'Callback','capt_barras');

clear ancho alto originBox originLabel deltax deltay origeny1;

drawnow;
```

### disp\_nudos.m

```
figure;

if n<11

    alto=60+20*n;

    ancho=100;

    origeny1=25+20*n;

else

    alto=275;

    ancho=66*sqrt(n);

    origeny1=225;

end

set(gcf,'name','COORDENADAS DE LOS NUDOS','menubar','none','color','k','NumberTitle','off','resize','off','position',[200 200 ancho alto]);

originLabel =[10 origeny1 20 40];

originBox= [30 origeny1+25 20 20];

deltax=20;

deltay=20;
```





```
for i=1:n

    switch i

    case 11,

        originBox=originBox+[80 200 0 0];
        originLabel=originLabel+[80 200 0 0];

    case 21,

        originBox=originBox+[80 200 0 0];
        originLabel=originLabel+[80 200 0 0];

    case 31,

        originBox=originBox+[80 200 0 0];
        originLabel=originLabel+[80 200 0 0];

    case 41,

        originBox=originBox+[80 200 0 0];
        originLabel=originLabel+[80 200 0 0];

    case 51,

        originBox=originBox+[80 200 0 0];
        originLabel=originLabel+[80 200 0 0];

    otherwise

        originBox=originBox;
        originLabel=originLabel;

    end

    h_( 4*i-
3)=uicontrol('style','text','string',i,'units','pixels','Position'
,originLabel+[0 -i*deltay 0
0],'BackgroundColor','k','ForegroundColor','w');

    h_( 4*i-
2)=uicontrol('style','edit','string',coord(i,1),'units','pixels','
```



```

Position',originBox+[0 -i*deltay 0
0], 'BackgroundColor', 'w', 'ForegroundColor', 'k');

    h_( 4*i-
1)=uicontrol('style','edit','string',coord(i,2),'units','pixels','
Position',originBox+[deltax -i*deltay 0
0], 'BackgroundColor', 'w', 'ForegroundColor', 'k');

    h_(
4*i)=uicontrol('style','edit','string',coord(i,3),'units','pixels'
,'Position',originBox+[2*deltax -i*deltay 0
0], 'BackgroundColor', 'w', 'ForegroundColor', 'k');

end

% Captura de datos

h_(4*n+1)=uicontrol('style','pushbutton','string','Continuar','uni
ts','pixels','Position',[ancho/2-40 20 80
25], 'Callback', 'capt_nudos');

drawnow;

clear ancho alto originBox originLabel deltax deltay origeny1;

```

### ec\_fuerza.m

```

function [y]=ecfuerza(t,Y,A,B,C)

global Fu

%y'(t)=f(t,y) -> notacion equivalente en esta función: y=f(t,Y)

%Ax'+Bx=C

y1=feval(Fu,t);

C=C*y1;

b=C-B*Y;

[luA pvtA]=LUfactor(A);

y=LUsolve(luA,b,pvtA);

```

**ejemplo1.m**

```
global n b ni nf coord

mat=get(h_( 6),'string');

Iz=str2num(get(h_( 8),'string'));
Iy=str2num(get(h_( 10),'string'));
g=str2num(get(h_( 12),'string'));
A=str2num(get(h_( 14),'string'));

fic=Iz+Iy;

ej=true;

switch mat
    case 'Acero',
        E=210000;    %Mpa
        d=7850E-9;    %kg/mm^3
        close
    case 'Aluminio',
        E=70000;
        d=2700E-9;
        close
    case 'Madera Roble',
        E=10000;
```



```

        d=1000E-9;

        close

    case 'Madera Pino',

        E=7000;

        d=700E-9;

        close

    otherwise

        clear all

        close

        inicio;

end

%
altura 1          altura 2          altura 3
altura 4          cuadrado1 cuadrado2 cuadrado3 cuadrado4
cuadrado5  cuadrado 6 parte superior

ni=[1 2 3 4 5 6 7 8];

nf=[2 3 4 5 6 7 8 9];

coord=[0 0 0;1000 0 0;2000 0 0;3000 0 0;4000 0 0; 5000 0 0;6000 0
0;7000 0 0;8000 0 0;];

n=length(coord);

b=length(ni);

restriccion=[1 1 1 1 1 1 0 0 0 1 1 1 0 0 0 1 1 1 0 0 0 1 1 1 0 0
0 1 1 1 0 0 0 1 1 1 0 0 0 1 1 1 0 0 0 1 1 1 0 0 0 0 0 0];

m=n*6;

[KT MT]=matriz_rigidez_masas(ni,nf,coord,E,A,d,Iy,Iz,g,fic,b,m);

```



dibuja

### ejemplo2.m

```
global n b ni nf coord
```

```
mat=get(h_( 6),'string');
```

```
Iz=str2num(get(h_( 8),'string'));
```

```
Iy=str2num(get(h_( 10),'string'));
```

```
g=str2num(get(h_( 12),'string'));
```

```
A=str2num(get(h_( 14),'string'));
```

```
fic=Iz+Iy;
```

```
ej=true;
```

```
switch mat
```

```
case 'Acero',
```

```
    E=210000;    %Mpa
```

```
    d=7850E-9;    %kg/mm^3
```

```
    close
```

```
case 'Aluminio',
```

```
    E=70000;
```

```
    d=2700E-9;
```

```
    close
```



```

case 'Madera Roble',

    E=10000;

    d=1000E-9;

    close

case 'Madera Pino',

    E=7000;

    d=700E-9;

    close

otherwise

    clear all

    close

    inicio;

end

%ni=[1 2 3 4 5 6];

%nf=[2 3 4 5 6 7];

%coord=[0 0 0;1000 0 0;2000 0 0;3000 0 0;4000 0 0;5000 0 0];

%
altura 1          altura 2          altura 3
altura 4          cuadral cuadrado2  cuadrado3  cuadrado4
cuadrado5  cuadrado 6  parte superior

ni=[1 1 1  2 2 2  3 3  3  4 4  4  5 9 6 10 7  11 8 12  5  6  7  8
5  6  7  8 13 14 15 16 13 14 15 16 17 18 19 20 17 18 19 20 21 22
23 24 21 22 23 24 25 26 27 28 25 26 27 28 5 6 7 8 13 14 15 16 17
18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 33 33 33 34 34 34
35 35 36 36];

nf=[5 9 12 6 9 10 7 10 11 8 11 12 9 6 10 7 11 8 12  5 13 14 15 16
16 13 14 15 17 18 19 20 20 17 18 19 21 22 23 24 24 21 22 23 25 26
27 28 28 25 26 27 29 30 31 32 32 29 30 31 6 7 8 5 14 15 16 13 18
19 20 17 22 23 24 21 26 27 28 25 30 31 32 29 29 30 34 35 36 31 32
29 30 31 32];

coord=[0 0 0;

4000 0 0;

```



4000 0 4000;

0 0 4000;

1250 4000 1250; %altura 1

2750 4000 1250;

2750 4000 2750;

1250 4000 2750;

1250+625 4000 1250;

2750 4000 1250+625;

1250+625 4000 2750;

1250 4000 1250+625;

1250 6000 1250; %altura 2

2750 6000 1250;

2750 6000 2750;

1250 6000 2750;

1250 8000 1250; %altura 3

2750 8000 1250;

2750 8000 2750;

1250 8000 2750;

1250 10000 1250; %altura 4

2750 10000 1250;

2750 10000 2750;

1250 10000 2750;

1250 12000 1250; %altura 5

2750 12000 1250;

2750 12000 2750;

1250 12000 2750;

1250 14000 1250; %altura 6



```

2750 14000 1250;

2750 14000 2750;

1250 14000 2750;

1250+625 16000 1250;

1250+625 16000 2750;

1250+625 14000 -1750;

1250+625 14000 5750];

```

```
n=length(coord);
```

```
b=length(ni);
```

```

restriccion=[1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0
1 1 1 0 0 0 1 1 1 0 0 0 1 1 1 0 0 0 1 1 1 0 0 0 1 1 1
0 0 0 1 1 1 0 0 0 1 1 1 0 0 0 1 1 1 0 0 0 1 1 1 0 0 0
1 1 1 0 0 0 1 1 1 0 0 0 1 1 1 0 0 0 1 1 1 0 0 0 1 1 1
0 0 0 1 1 1 0 0 0 1 1 1 0 0 0 1 1 1 0 0 0 1 1 1 0 0 0
1 1 1 0 0 0 1 1 1 0 0 0 1 1 1 0 0 0 1 1 1 0 0 0 1 1 1
0 0 0 1 1 1 0 0 0 1 1 1 0 0 0 1 1 1 0 0 0 1 1 1];

```

```
m=n*6;
```

```
[KT MT]=matriz_rigidez_masas(ni,nf,coord,E,A,d,Iy,Iz,g,fic,b,m);
```

Dibuja

### ejemplo3.m

```
global n b ni nf coord
```

```
mat=get(h_( 6), 'string');
```





```
Iz=str2num(get(h_( 8),'string'));
Iy=str2num(get(h_( 10),'string'));
g=str2num(get(h_( 12),'string'));
A=str2num(get(h_( 14),'string'));

fic=Iz+Iy;

ej=true;

switch mat
    case 'Acero',
        E=210000;    %Mpa
        d=7850E-9;    %kg/mm^3
        close
    case 'Aluminio',
        E=70000;
        d=2700E-9;
        close
    case 'Madera Roble',
        E=10000;
        d=1000E-9;
        close
    case 'Madera Pino',
        E=7000;
        d=700E-9;
        close
    otherwise
```



```

clear all

close

inicio;

end

%ni=[1 2 3 4 5 6];

%nf=[2 3 4 5 6 7];

%coord=[0 0 0;1000 0 0;2000 0 0;3000 0 0;4000 0 0;5000 0 0];

%
altura 1          altura 2          altura 3
altura 4          cuadrado1 cuadrado2  cuadrado3  cuadrado4
cuadrado5  cuadrado 6  parte superior

ni=[1 3 2 5 6 8 7 3 1 4 2 5 6 7 8 13 5 14 6 10 13 13 11 9 15
16 16 15 17];

nf=[3 4 4 6 8 7 5 7 5 8 6 11 12 11 12 11 9 12 10 14 14 9 12 15 16
10 18 17 18];

coord=[0 0 1000;1000 0 1000;0 0 0;1000 0 0;
0 1000 1000;1000 1000 1000;0 1000 0;1000 1000 0;
0 2000 2000;1000 2000 2000;0 2000 1000;1000 2000 1000;
0 3000 2000;1000 3000 2000;
300 2000 2000;700 2000 2000;
300 2400 2000;700 2400 2000;];

n=length(coord);

b=length(ni);

restriccion=[1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0
1 1 1 0 0 0 1 1 1 0 0 0 1 1 1 0 0 0 1 1 1 0 0 0 1 1 1
0 0 0 1 1 1 0 0 0 1 1 1 0 0 0 1 1 1 0 0 0 1 1 1 0 0 0
1 1 1 0 0 0 1 1 1 0 0 0 1 1 1 0 0 0 1 1 1 0 0 0 1 1 1
0 0 0 1 1 1 0 0 0 1 1 1 0 0 0 1 1 1];

m=n*6;

```



```
[KT MT]=matriz_rigidez_masas(ni,nf,coord,E,A,d,Iy,Iz,g,fic,b,m);
```

dibuja

#### Ejemplo 4.m

```
global n b ni nf coord
```

```
mat=get(h_( 6),'string');
```

```
Iz=str2num(get(h_( 8),'string'));
```

```
Iy=str2num(get(h_( 10),'string'));
```

```
g=str2num(get(h_( 12),'string'));
```

```
A=str2num(get(h_( 14),'string'));
```

```
fic=Iz+Iy;
```

```
ej=true;
```

```
switch mat
```

```
case 'Acero',
```

```
    E=210000;    %Mpa
```

```
    d=7850E-9;    %kg/mm^3
```

```
    close
```

```
case 'Aluminio',
```

```
    E=70000;
```

```
    d=2700E-9;
```



```

        close

    case 'Madera Roble',

        E=10000;

        d=1000E-9;

        close

    case 'Madera Pino',

        E=7000;

        d=700E-9;

        close

    otherwise

        clear all

        close

        inicio;

end

ni=[1 2 3 4 5 6      8 9  10 11 12 13      15 16 17 18 19      21
22 23 24 25      15 16 17 18 19 20      1 2 3   4  5  6  7   1 2
2 3  3  4  4  5  5  6  6  7      1 15  2 16  3 17  4 18  5 19
6 20      8 21  9 22 10 23 11 24 12 25 13 26];

nf=[2 3 4 5 6 7      9 10 11 12 13 14      16 17 18 19 20      22
23 24 25 26      21 22 23 24 25 26      8 9 10 11 12 13 14      9 8
10 9 11 10 12 11 13 12 14 13      15  2 16  3 17  4 18  5 19  6
20  7      21  9 22 10 23 11 24 12 25 13 26 14];

coord=[0 0 0; 4250 0 0;4250*2 0 0;4250*3 0 0;4250*4 0 0;
4250*5 0 0;4250*6 0 0;

        0 2000 0; 4250 2000 0;4250*2 2000 0;4250*3 2000 0;4250*4
2000 0; 4250*5 2000 0;4250*6 2000 0;

```



```
4250*0.5 0 2850;4250*1.5 0 2850;4250*2.5 0 2850;4250*3.5
0 2850; 4250*4.5 0 2850;4250*5.5 0 2850;
```

```
4250*0.5 2000 2850;4250*1.5 2000 2850;4250*2.5 2000
2850;4250*3.5 2000 2850; 4250*4.5 2000 2850;4250*5.5 2000
2850;];
```

```
aux=coord(:,2);
```

```
coord(:,2)=coord(:,3);
```

```
coord(:,3)=aux;
```

```
n=length(coord);
```

```
b=length(ni); %1
```

```
%7 %8
```

```
%14
```

```
restriccion=[1 1 1 1 1 1 0 0 0 1 1 1 0 0 0 1 1 1 0 0 0
1 1 1 0 0 0 1 1 1 0 0 0 1 1 1 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
0 0 0 1 1 1 0 0 0 1 1 1 0 0 0 1 1 1 0 0 0 1 1 1 0 0 0
1 1 1 0 1 1 1 1 1 0 0 0 1 1 1 0 0 0 1 1 1 0 0 0 1 1 1
0 0 0 1 1 1 0 0 0 1 1 1 0 0 0 1 1 1 0 0 0 1 1 1 0 0 0
1 1 1 0 0 0 1 1 1 0 0 0 1 1 1 0 0 0 1 1 1 0 0 0 1 1
1];
```

```
m=n*6;
```

```
[KT
```

```
MT]=matriz_rigidez_masas(ni,nf,coord,E,A,d,Iy,Iz,g,fic,b,m);
```

```
dibuja
```

**inicio.m**

```
clear all
```



```

clc

figure;

set(gcf,'name','ANÁLISIS DINÁMICO DE
ESTRUCTURAS','menubar','none','color','k','NumberTitle','off','res
ize','off','position',[200 200 400 550]);

originLabel =[10 300 60 40];

originBox= [70 320 50 20];

deltax=200;

deltay=40;

revision=false;

ej=false;

mo=false;

din=false;

presc=1000;

% Datos iniciales

h_( 1)=uicontrol('style','text','string','Número de
nudos','units','pixels','Position',originLabel+[0 -deltay 0
0],'BackgroundColor','k','ForegroundColor','w');

h_(
2)=uicontrol('style','edit','string','4','units','pixels','Positio
n',originBox+[0 -deltay 0
0],'BackgroundColor','w','ForegroundColor','k');

h_( 3)=uicontrol('style','text','string','Número de
barras','units','pixels','Position',originLabel+[0 -2*deltay 0
0],'BackgroundColor','k','ForegroundColor','w');

h_(
4)=uicontrol('style','edit','string','3','units','pixels','Positio

```



```

n',originBox+[0 -2*deltay 0
0], 'BackgroundColor', 'w', 'ForegroundColor', 'k');

h_(
5)=uicontrol('style','text','string','Material','units','pixels','
Position',originLabel+[0 -3*deltay 0
0], 'BackgroundColor', 'k', 'ForegroundColor', 'w');

h_(
6)=uicontrol('style','edit','string','Acero','units','pixels','Pos
ition',originBox+[0 -3*deltay 0
0], 'BackgroundColor', 'w', 'ForegroundColor', 'k');

h_( 7)=uicontrol('style','text','string','Momento de inercia
respecto del eje
z','units','pixels','Position',originLabel+[deltax -deltay 50
0], 'BackgroundColor', 'k', 'ForegroundColor', 'w');

h_(
8)=uicontrol('style','edit','string','1710000','units','pixels','P
osition',originBox+[deltax+60 -deltay 0
0], 'BackgroundColor', 'w', 'ForegroundColor', 'k');

h_(9)=uicontrol('style','text','string','Momento de inercia
respecto del eje
y','units','pixels','Position',originLabel+[deltax -2*deltay 50
0], 'BackgroundColor', 'k', 'ForegroundColor', 'w');

h_(10)=uicontrol('style','edit','string','122000','units','pixels'
,'Position',originBox+[deltax+60 -2*deltay 0
0], 'BackgroundColor', 'w', 'ForegroundColor', 'k');

h_(11)=uicontrol('style','text','string','Módulo de elasticidad
transversal','units','pixels','Position',originLabel+[deltax -
3*deltay 50 0], 'BackgroundColor', 'k', 'ForegroundColor', 'w');

h_(12)=uicontrol('style','edit','string','81000','units','pixels',

```



```
'Position',originBox+[deltax+60 -3*deltay 0
0], 'BackgroundColor', 'w', 'ForegroundColor', 'k');

h_(13)=uicontrol('style','text','string','Área de las barras
(mm)','units','pixels','Position',originLabel+[deltax -4*deltay 50
0], 'BackgroundColor', 'k', 'ForegroundColor', 'w');

h_(14)=uicontrol('style','edit','string','1060','units','pixels','
Position',originBox+[deltax+60 -4*deltay 0
0], 'BackgroundColor', 'w', 'ForegroundColor', 'k');

h_(13)=uicontrol('style','text','string','          ANÁLISIS
DINÁMICO DE ESTRUCTURAS
Bienvenido a este software para calculo dinámico de  estructuras,
siga las instrucciones que se le indiquen          para completar
el proceso.
AUTOR:          Javier Mauleón
Medrano','units','pixels','Position',[70 380 300
150], 'BackgroundColor', 'k', 'ForegroundColor', 'w');

% Captura de datos

h_(15)=uicontrol('style','pushbutton','string','Continuar','units'
,'pixels','Position',originBox+[-40 -6*deltay 50
10], 'Callback', 'capt_ini');

h_(16)=uicontrol('style','pushbutton','string','Viga
empotrada','units','pixels','Position',originBox+[75 -6*deltay 60
10], 'Callback', 'ejemplo1');

h_(17)=uicontrol('style','pushbutton','string','Torre alta
tension','units','pixels','Position',originBox+[200 -6*deltay 60
10], 'Callback', 'ejemplo2');

h_(18)=uicontrol('style','pushbutton','string','Canasta
baloncesto','units','pixels','Position',originBox+[75 -7*deltay 60
10], 'Callback', 'ejemplo3');
```





```
drawnow;
```

### LUfactor.m

```
function [lu pvt]=LUfactor(A)

n=length(A);

for i=1:n
    pvt(i) = i;
end;

for i = 1 : n - 1

    %   pivotaje parcial

    t = min ( find ( abs(A(pvt(i:n),i)) ==
max(abs(A(pvt(i:n),i))) ) + i-1 );

    if ( t ~= i )
        aux = pvt(i);
        pvt(i) = pvt(t);
        pvt(t) = aux;
    end;
```



```
%  eliminar pasos

for j = i+1 : n
    m = -A(pvt(j),i) / A(pvt(i),i);
    A(pvt(j),i) = -m;
    A(pvt(j), i+1:n) = A(pvt(j), i+1:n) + m * A(pvt(i),
i+1:n);
end;
end;

lu = A;
```

### LUsolve.m

```
function x = LUsolve ( lu, b, pvt )

[nf] = length(lu);

%  sustituir hacia adelante

z(1) = b(pvt(1));
for i = 2 : nf
    z(i) = b(pvt(i)) - sum ( z(1:i-1) .* lu(pvt(i), 1:i-1) );
end;

%  sustituir hacia atras
```



```
x(nf) = z(nf) / lu(pvt(nf), nf);

for i = nf - 1 : -1 : 1

    x(i) = ( z(i) - sum ( x(i+1:nf) .* lu(pvt(i), i+1:nf) ) ) /
    lu(pvt(i),i);

end;

x=x';
```

### matriz\_rigidez\_masas.m

```
function [KT
MT]=matriz_rigidez_masas(ni,nf,coord,E,A,d,Iy,Iz,g,fi,b,m)

k=E*A;

sz=12*E*Iz;

sy=12*E*Iy;

gaux=g*fi;

filKL=[1 1 2 2 2 2 3 3 3 3 4 4 5 5 5 5 6 6 6 6 7 7 7 8 8 8 8 9
9 9 9 10 10 11 11 11 11 12 12 12 12];

colKL=[1 7 2 6 8 12 3 5 9 11 4 10 3 5 9 11 2 6 8 12 1 7 2 6 8 12 3
5 9 11 4 10 3 5 9 11 2 6 8 12];

filL=[1 1 1 2 2 3 3 3 4 4 4 5 5 6 6 6 7 7 7 8 8 9 9 9 10 10 10 11
11 12 12 12];

colL=[1 2 3 1 2 1 2 3 4 5 6 4 5 4 5 6 7 8 9 7 8 7 8 9 10 11 12 10
11 10 11 12];

termfi=70*fi/A;

factorML=d*A/420;

filML=[1 1 2 2 2 2 3 3 3 3 4 4 5 5 5 5 6 6 6 6 7 7 8 8 8 8 9
9 9 9 10 10 11 11 11 11 12 12 12 12];

colML=[1 7 2 6 8 12 3 5 9 11 4 10 3 5 9 11 2 6 8 12 1 7 2 6 8 12 3
5 9 11 4 10 3 5 9 11 2 6 8 12];
```



```

KT=sparse(m,m); %definimos el tamaño de la matriz para que no
cambie en cada iteracion del algoritmo ralentizandolo

MT=sparse(m,m);

for i=1:b          %b numero de barras

    Lon=sqrt((coord(nf(i),1)-coord(ni(i),1))^2+(coord(nf(i),2)-
coord(ni(i),2))^2+(coord(nf(i),3)-coord(ni(i),3))^2);    %Longitud
de la barra b

    R=k/Lon;          %Aqui establecemos la matriz de rigidez en
coordenadas locales

    Sz=sz/Lon^3;

    Sy=sy/Lon^3;

    Tz=sz/(2*Lon^2);

    Ty=sy/(2*Lon^2);

    Uz=sy/(3*Lon);

    Uy=sy/(3*Lon);

    G=gaux/Lon;

    valKL=[R,-R,Sz,Tz,-Sz,Tz,Sy,-Ty,-Sy,-Ty,G,-G,-
Ty,Uy,Ty,Uy/2,Tz,Uz,-Tz,Uz/2,-R,R,-Sz,-Tz,Sz,-Tz,-Sy,Ty,Sy,Ty,-
G,G,-Ty,Uy/2,Ty,Uy,Tz,Uz/2,-Tz,Uz];

    KL=sparse(filKL,colKL,valKL,12,12);

    cualoncuad=4*Lon^2; %Aqui establecemos la matriz de masas en
coordenadas locales

    valML=factorML*Lon*[140 70 156 22*Lon 54 -13*Lon 156 -22*Lon
54 13*Lon 2*termfi termfi -22*Lon cualoncuad -13*Lon -3*Lon^2
22*Lon cualoncuad 13*Lon -(3/4)*cualoncuad 70 140 54 13*Lon 156 -
22*Lon 54 -13*Lon 156 22*Lon termfi 2*termfi 13*Lon -

```



```

(3/4)*cualoncuad 22*Lon cualoncuad -13*Lon -3*Lon^2 -22*Lon
cualoncuad];

ML=sparse(filML,colML,valML,12,12);

cost=sqrt((coord(nf(i),1)-coord(ni(i),1))^2+(coord(nf(i),3)-
coord(ni(i),3))^2)/Lon;

sent=abs(coord(nf(i),2)-coord(ni(i),2))/Lon;

if (coord(nf(i),1)-coord(ni(i),1))^2+(coord(nf(i),3)-
coord(ni(i),3))^2==0,

    senfi=0;

    cosfi=1;

else

    senfi=abs(coord(nf(i),3)-coord(ni(i),3))/sqrt((coord(nf(i),1)-
coord(ni(i),1))^2+(coord(nf(i),3)-coord(ni(i),3))^2);

    cosfi=abs(coord(nf(i),1)-coord(ni(i),1))/sqrt((coord(nf(i),1)-
coord(ni(i),1))^2+(coord(nf(i),3)-coord(ni(i),3))^2);

end

valL=[cost*cosfi cosfi*sent -senfi -sent cost senfi*cost
senfi*sent cosfi cost*cosfi cosfi*sent -senfi -sent cost
senfi*cost senfi*sent cosfi cost*cosfi cosfi*sent -senfi -sent
cost senfi*cost senfi*sent cosfi cost*cosfi cosfi*sent -senfi -
sent cost senfi*cost senfi*sent cosfi];

L=sparse(filL,colL,valL,12,12);

KG=L'*KL*L;

MG=L'*ML*L;

c=6*ni(i);

d=6*nf(i);

```



```

for h=1:6

    for w=1:6

        KT(c-6+h,c-6+w)=KT(c-6+h,c-6+w)+KG(h,w);      %%Introducción de
        las submatrices de cada elemento en su lugar en la matriz de
        rigidel total

        KT(d-6+h,d-6+w)=KT(d-6+h,d-6+w)+KG(6+h,6+w);

        KT(c-6+h,d-6+w)=KT(c-6+h,d-6+w)+KG(h,6+w);

        KT(d-6+h,c-6+w)=KT(d-6+h,c-6+w)+KG(6+h,w);

        MT(c-6+h,c-6+w)=MT(c-6+h,c-6+w)+MG(h,w);      %%Introducción de
        las submatrices de cada elemento en su lugar en la matriz de masas
        total

        MT(d-6+h,d-6+w)=MT(d-6+h,d-6+w)+MG(6+h,6+w);

        MT(c-6+h,d-6+w)=MT(c-6+h,d-6+w)+MG(h,6+w);

        MT(d-6+h,c-6+w)=MT(d-6+h,c-6+w)+MG(6+h,w);

        if KT(c-6+h,c-6+w)<1E-14, KT(c-6+h,c-6+w)=0; end
        if KT(d-6+h,d-6+w)<1E-14, KT(d-6+h,d-6+w)=0; end
        if KT(c-6+h,d-6+w)<1E-14, KT(c-6+h,d-6+w)=0; end
        if KT(d-6+h,c-6+w)<1E-14, KT(d-6+h,c-6+w)=0; end

        if MT(c-6+h,c-6+w)<1E-14, MT(c-6+h,c-6+w)=0; end
        if MT(d-6+h,d-6+w)<1E-14, MT(d-6+h,d-6+w)=0; end
        if MT(c-6+h,d-6+w)<1E-14, MT(c-6+h,d-6+w)=0; end
        if MT(d-6+h,c-6+w)<1E-14, MT(d-6+h,c-6+w)=0; end
    
```



```

end

end

clear Lon R Sz Sy Tz Ty Uz Uy G cualoncuad valML valKL  valL ML
cost sent senfi cosfi c d h w MG L KG KL;

end

```

### metpot.m

```

function [autovalor z p]=metpot(K,M,l,TOL,itmax)

%INPUT                                     [K]*z = autovalor*[M]*z

%K=primera matriz   (KTrestr)

%M=segunda matriz   (MTrestr)

%OUTPUT

%z=vector propio

%autovalor=valor propio asociado con menor valor abs

lon=length(K);

z = rand(lon,1);

[z p]=normalice(z);

w = zeros(lon,1);

[luA pvtA]=LUfactor(K-l*M);

for it=1:itmax

    w = z;

```



```

    if M==eye(lon)

        b1=w;

    else

        b1=M*w;

    end

    z=LUsolve(luA,b1,pvtA);

    x=z;

    mum=z(p);

    [z p]= normalice(z);

    if norm(z-w)<TOL

        break

    end

end

if (it==itmax)

    disp('Número máximo de iteraciones superado (Met. Pot.)')

end

autovalor = 1/mum+1;

```

### modal.m

```

global w ampl

if ej==false && mo==false && din==false

    [restriccion]=vector_restr(h_,m);

    close

```





```
end
```

```
if mo==false && din==false
```

```
    KTrestr=restringir(KT, restriccion);
```

```
    MTrestr=restringir(MT, restriccion);
```

```
end
```

```
mo=true;
```

```
[fi
```

```
wcuad]=vectores_valores_propios(KTrestr,MTrestr,frecs,TOL,its);
```

```
w=sqrt(wcuad);
```

```
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
```

```
%[fil wcuad]=eig(full(inv(MTrestr)*KTrestr));    %para probar bien  
el
```

```
%dinamico
```

```
%
```

```
%for i=1:length(wcuad)
```

```
%    w1(1,i)=sqrt(wcuad(i,i));
```

```
%end
```

```
%w=sort(w1);
```

```
%for i=1:length(wcuad)
```

```
%    for j=1:length(wcuad)
```

```
%        if w1(j)==w(i)
```

```
%            break
```

```
%        end
```

```
%    end
```

```
%    fi(:,i)=fil(:,j);
```



```

%end

%fi=fi(:,1:frece);

%for i=1:frece

%    fi(:,i)=normalice(fi(:,i));

%end

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

ampl=zeros(m,frece);

pos=0;

for col=1:frece

    for i=1:m

        if restriccion(1,i)==false

            pos=pos+1;

            ampl(i,col)=fi(pos,col);

        end

    end

    pos=0;

end

ampl=presc*ampl;  %para que se aprecie, por defecto esta escalado
a 1

close

dibuja

clear i j pos posh posK wcuad

```

### normalice.m

```
function [znorm i]=normalice(z)
```



```
for i = 1:length(z)
    if abs(z(i)) == max(abs(z))
        break
    end
end
```

```
znorm = z/z(i);
```

### **restringir.m**

```
function [Arestr]=restringir(A,restr)
```

```
Arestr=A;
```

```
if length(A(1,:))>1
    for i=-length(A):-1
        if restr(-i)==true
            Arestr(:, -i)=[ ];
            Arestr(-i, :)= [ ];
        end
    end
else
    for i=-length(A):-1
        if restr(-i)==true
            Arestr(-i)=[ ];
        end
    end
end
```



end

### rk45adapt.m

```
function [T,Y] = rk45adapt(f,a,b,ya,m,tol,K,M,F)
```

```
global Fu
```

```
% [T,Y] = rkf45('f',a,b,ya,m,K,M)
```

```
%
```

```
% INPUTS
```

```
% f nombre de la funcion: @funcion
```

```
% a t inicial
```

```
% b t final
```

```
% ya y[a]
```

```
% m pasos deseados inicialmente
```

```
% K,M son las matrices de coeficientes de la ec diferencial
```

```
%
```

```
%OUTPUTS
```

```
% T valores de t
```

```
% F valores de f
```

```
a2 = 1/4; b2 = 1/4; a3 = 3/8; b3 = 3/32; c3 = 9/32; a4 = 12/13;
```

```
b4 = 1932/2197; c4 = -7200/2197; d4 = 7296/2197; a5 = 1;
```

```
b5 = 439/216; c5 = -8; d5 = 3680/513; e5 = -845/4104; a6 = 1/2;
```

```
b6 = -8/27; c6 = 2; d6 = -3544/2565; e6 = 1859/4104; f6 = -11/40;
```

```
r1 = 1; r2=16/135; r3 = 6656/12825; r4 = 28561/56430; r5 = -9/50;
```

```
r6 = 2/55;
```



```
n1=1; n2 = 25/216; n3 = 1408/2565; n4 = 2197/4104; n5 = -1/5;

h = (b-a)/m;
hmin = h/128;
hmax = 128*h;

l=length(K);
for i=1:l
Y(i,1)=ya;
T(i,1)=a;
end

j=1;
tj=a;

br = b - 0.00001*abs(b);    %para que si se acerca a t=b se pare

while T(1,j)<b
    if T(1,j)+h>br, h=b-T(1,j); end
    tj=T(1,j); yj=Y(:,j);
    y1 = yj;
    k1 = h*feval(f,tj,y1,K,M,F);

    y2 = yj+b2*k1;
    k2 = h*feval(f,tj+a2*h,y2,K,M,F);
```



```

y3 = yj+b3*k1+c3*k2;

k3 = h*feval(f,tj+a3*h,y3,K,M,F);

y4 = yj+b4*k1+c4*k2+d4*k3;

k4 = h*feval(f,tj+a4*h,y4,K,M,F);

y5 = yj+b5*k1+c5*k2+d5*k3+e5*k4;

k5 = h*feval(f,tj+a5*h,y5,K,M,F);

y6 = yj+b6*k1+c6*k2+d6*k3+e6*k4+f6*k5;

k6 = h*feval(f,tj+a6*h,y6,K,M,F);

zeta = r1*yj+r2*k1+r3*k3+r4*k4+r5*k5+r6*k6;

ynueva = n1*yj+n2*k1+n3*k3+n4*k4+n5*k5;

err=max(abs(zeta-ynueva))/max(abs(ynueva));

if err>1E14, break; end

if err==0
    h=2*h;
else
    s=0.9*(tol/err)^(1/5);
    if err<tol
        j=j+1;
        Y(:,j)=ynueva;
        for i=1:l
            T(i,j)=tj+h;

```



```

        end

        h=s*h;

    else

        h=s*h;

    end

end

if h<hmin, h=hmin; end

if h>hmax, h=hmax; end

end

```

### vector\_restr.m

```

function [restriccion]=vector_restr(h_,l)

restriccion=zeros(1,l);

for i=-l/6:-1

    for j=0:5

        posh=7*(-i)-j;

        posK=6*(-i)-j;

        if str2num(get(h_(posh),'string'))==true

            restriccion(posK)=1;

        end

    end

end

end

```

### vectores\_valores\_propios.m



```

function [vects landa] = vectores_valores_propios (A1,A2, frecs,
TOL, Nmax )

%A1=K

%A2=M

%A=inv(M)*K=inv(A2)*A1

n = length(A1);

l = zeros ( 1, frecs );
v = zeros ( n, frecs );
j = zeros ( 1, frecs );
x = zeros ( frecs, n );

[l(1) v(:,1)] = metpot( A1,A2,0, TOL*1E5, round(Nmax/4) );
[l(1) v(:,1) p] = metpot( A1,A2,l(1), TOL, Nmax );

%DEFLACIONES SUCESIVAS Y ALACENAMIENTO DE LOS DATOS OBTENIDOS

for i = 2:frecs

    [A1 A2 x(i,1:n+2-i)] = deflacion( A1,A2, n+2-i, v(1:n-i+2,i-
1),p,l(i-1) );

    [l(i) v(1:n-i+1,i)] = metpot( A1,A2, l(i-1),TOL*1E5,
round(Nmax/4) );

    [l(i) v(1:n-i+1,i) p] = metpot( A1,A2, l(i),TOL, Nmax );

end;

```





```
% RESCATE DE LOS VECTORES PROPIOS

wp=v;

for i=2:frececs
    zaux=wp(1:n+1-i,i);

    for j=1:i-1

        % RESCATE DE LOS VECTORES PROPIOS

        zaux=(l(i)-l(i-j))*[0;zaux]+l(i-j)*(x(i+1-j,1:n+1-
i+j)*[0;zaux])*wp(1:n+1-i+j,i-j);

        zaux=normalice(zaux);

    end

    v(:,i)=zaux;

end

landa = l;

vects = v;

return;
```



## 1.9\_ ETAPAS Y PLAZOS DE EJECUCIÓN

La ejecución de la estructura metálica se realizará en taller. Los tubos se suministrarán en la cantidad y longitud especificadas en los planos, y serán cortados en sus extremos de manera que se adapten correctamente a la forma requerida.

Una vez que se tengan todos los tubos se procederá a soldarlos, mediante soldadura a tope, como queda reflejado en los planos. También se soldará a los cordones inferiores el guardacantos de chapa, en el cual irá apoyado el suelo de la pasarela.

Las tablas de madera se recibirán del taller de carpintería con las dimensiones especificadas en la documentación técnica, debidamente lijadas, barnizadas y perforadas. Una vez que se tengan todas las tablas y el guardacantos esté colocado en la estructura, se irán colocando las tablas de madera sobre la estructura.

A la vez que se realizan las labores de taller, en el lugar de emplazamiento de la pasarela se realizarán las labores de acondicionamiento del terreno, escollera, cimentación y colocación de apoyos.

Una vez concluidas todas estas tareas se transportará la pasarela en un camión triaxe hasta el lugar de emplazamiento y, mediante la ayuda de dos camiones con grúa hidráulica grande se descargará y colocará sobre los apoyos.

En este momento se soldará la estructura a sus apoyos mediante soldadura eléctrica.

Además, deberán adoptarse todas las medidas de seguridad y salud laboral debiendo desarrollarse un programa o Plan de Seguridad por parte de la empresa constructora de tal forma que se garantice la seguridad del personal de la propia obra así como mediante delimitación y señalización para las personas ajenas a la misma.

**1.10\_ RESUMEN DEL PRESUPUESTO**

<b>ORDEN</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>TOTAL (Euros)</b>
CAPÍTULO I	ACONDICIONAMIENTO DEL TERRENO	1.625,37
CAPÍTULO II	CIMENTACIONES	11.840,51
CAPÍTULO III	ESTRUCTURA METÁLICA	28.756,92
CAPÍTULO IV	BARANDILLA	6.851,85
CAPÍTULO V	ENTARIMADO	1.090,12
CAPÍTULO VI	SALIDAS PASARELA	449,89
CAPÍTULO VII	ESTUDIO SEGURIDAD Y SALUD	1.497,18
<b>TOTAL</b>	<b>PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL</b>	<b>52.111,84</b>
	GASTOS GENERALES (5%)	2.605,59
	BENEFICIO INDUSTRIAL (10%)	5.211,18
<b>TOTAL</b>	<b>PRESUPUESTO DE EJ. POR CONTRATA SIN IVA</b>	<b>59.928,61</b>
	IVA (16%)	9.588,57
<b>TOTAL</b>	<b>PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA</b>	<b>69.517,18</b>
	REDACCIÓN DEL PROYECTO (4%)	2.780,68
	DIRECCIÓN DE LA OBRA (4%)	2.780,68
<b>TOTAL</b>	<b>PRESUPESTO TOTAL</b>	<b>75.078,55</b>

El total del presente presupuesto asciende a la cantidad de “**SETENTA Y CINCO MIL SETENTA Y OCHO EUROS CON CINCUENTA Y CINCO CÉNTIMOS**”



## 1.11\_ CONCLUSIÓN FINAL

Como conclusión final cabe decir que tras lo descrito en el presente documento MEMORIA y con los documentos CÁLCULOS, PLIEGO DE CONDICIONES, ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD, PLANOS y PRESUPUESTO, el proyecto quedará perfectamente definido y explicado.

**Pamplona, Septiembre 2012**

**Javier Mauleón Medrano**



# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO INDUSTRIAL

Título del proyecto:

ESTUDIO ESTRUCTURAL DE UNA PASARELA PEATONAL  
SOBRE EL RIO CIDACOS A SU PASO POR CALAHORRA

## DOCUMENTO Nº2: CÁLCULOS

Alumno: Javier Mauleón Medrano

Tutor: Faustino Gimena Ramos

Pamplona, a 6 de Septiembre de 2012



## 2. CÁLCULOS:

### ÍNDICE:

<b>2.1 ACCIONES EN LA EDIFICACIÓN DE LA PASARELA .....</b>	<b>2</b>
2.1.1 ACCIONES PERMANENTES .....	2
2.1.1.1 Peso propio .....	2
2.1.1.2 Acciones del terreno .....	2
2.1.2 ACCIONES VARIABLES .....	2
2.1.2.1 ACCIÓN GRAVITATORIA .....	2
2.1.2.2 ACCIÓN DEL VIENTO .....	3
2.1.2.3 ACCIÓN TÉRMICA .....	4
2.1.2.4 ACCIÓN REOLÓGICA .....	4
2.1.2.5 ACCIÓN SÍSMICA .....	4
2.1.3 TERMINOLOGÍA Y UNIDADES .....	5
2.1.4 SEGURIDAD ESTRUCTURAL .....	8
2.1.4.1 Estructuras metálicas .....	8
2.1.4.2 Estructuras de hormigón .....	8
<b>2.2 CÁLCULO DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES .....</b>	<b>10</b>
2.2.1 SUELO .....	10
2.2.1.1 Cálculo del canto de los tablonos .....	10
2.2.1.2 Peso propio .....	11
2.2.1.3 Comprobación de la flecha .....	11
2.2.1.4 Guardacantos de chapa .....	12
2.2.2 SOLDADURA .....	12
2.2.3 ESTRUCTURA .....	12
2.2.3.1 Estructura vertical. Viga de celosía .....	12
2.2.3.2 Estructura horizontal. Cruz de san andrés .....	18
2.2.4 BARANDILLA .....	21
2.2.5 APOYOS .....	22
2.2.6 CIMENTACIONES .....	27
2.2.6.1 Margen este .....	28
2.2.6.2 Margen oeste .....	33
<b>2.3 ANÁLISIS DINÁMICO EN MATLAB.....</b>	<b>36</b>
2.3.1 INTRODUCCIÓN .....	36
2.3.2 IMPLEMENTACIÓN EN MALTAB DE LA PASARELA .....	37
2.3.2.1 Ejemplo 1 .....	40
2.3.2.2 Ejemplo 2 .....	42



## 2.1\_ACCIONES EN LA EDIFICACIÓN DE LA PASARELA

### 2.1.1 ACCIONES PERMANENTES

#### 2.1.1.1 Peso propio

El peso propio a tener en cuenta es el de los elementos estructurales, los cerramientos y elementos separadores, la tabiquería, todo tipo de carpinterías, revestimientos (como pavimentos, guarnecidos, enlucidos, falsos techos), rellenos (como los de tierras) y equipo fijo.

El peso propio que tendremos en cuenta a la hora de realizar los cálculos para nuestra pasarela será el de los siguientes elementos estructurales:

- Vigas principales
- Viguetas
- Arrostriamientos
- Pletinas
- Entarimado
- Barandillas

Cabe destacar que los pesos propios de los diferentes elementos de la estructura se irán definiendo en el apartado 2.2 de este documento.

#### 2.1.1.2 Acciones del terreno

Las acciones derivadas del empuje del terreno, tanto las procedentes de su peso como de otras acciones que actúan sobre él, o las acciones debidas a sus desplazamientos y deformaciones, se evalúan y tratan según establece el DB-SE-C.

Nuestra estructura no se encuentra afectada por ninguna de estas acciones, por ello no las tendremos en cuenta a la hora de realizar los cálculos.

### 2.1.2 ACCIONES VARIABLES

#### 2.1.2.1 Acción gravitatoria

##### SOBRECARGA DE USO

Para elegir la sobrecarga de uso adecuada a este tipo de construcción se recurre a la norma básica NBE AE-88. Acciones en la edificación.

La norma no nos indica el caso de una pasarela peatonal, pero tratándose de una construcción, la cual se puede ver sometida a grandes sobrecargas, con un alto grado de responsabilidad, se tomara una gran sobrecarga de uso. Este caso la sobrecarga de uso tomada es de **400 kg/m<sup>2</sup>**.



### SOBRECARGA DE NIEVE

Estas cargas son debidas al peso de la nieve que puede acumularse sobre la estructura como consecuencia de nevadas en la zona. La acción de la nieve depende fundamentalmente de que una nevada no se deshiele antes de la siguiente.

Su determinación vendrá ligada a la zona geográfica en que se proyecta la ejecución de la estructura, principalmente su altura topográfica, como se muestra en la siguiente tabla extraída de la NBE-AE/88:

Sobrecarga de nieve sobre superficie horizontal	
Altitud topográfica $h$ m	Sobrecarga de nieve $\text{Kg/m}^2$
0 a 200	40
201 a 400	50
401 a 600	60
601 a 800	80
801 a 1000	100
1001 a 1200	120
> 1200	$h: 10$

En este caso la pasarela se encuentra en la ciudad de Calahorra, cuya altitud es de 358 m. Por lo tanto la sobrecarga de nieve será de  **$50 \text{ kg/m}^2$** .

#### 2.1.2.2 Acción del viento

Las acciones que provoca el viento vienen determinadas como fuerzas por unidad de superficie, que dependen de la zona eólica, de la altura sobre el terreno, de la situación topográfica (normal o expuesta), de la construcción (abierta o cerrada) y de la forma, posición y orientación de los elementos con respecto al viento.

Cuando las estructuras impiden el flujo del viento, la energía cinética de éste se convierte en energía potencial de presión, lo que causa la carga del viento. Esta carga depende de ciertos valores que se muestran a continuación:

- Situación topográfica: Normal
- Altura de coronación: De 0 a 10 m
- Presión dinámica:  $q_b = 50 \text{ kg/m}^2$





- Coeficiente eólico: Planta rectangular  $\Rightarrow ce = 1,2$
- Factor eólico de esbeltez:  $cp = 1,267$
- Sobrecarga del viento  $qe = qb \cdot ce \cdot cp = 76,02 \text{ kg/m}^2$
- Valor adoptado  **$P=80 \text{ kg/m}^2$**

### 2.1.2.3 Acción térmica

Es la producida por las deformaciones debidas a cambios de temperatura. Según el criterio de CTE-DB-SE-AE, capítulo 3.4, apartado 3.4.1, en esta estructura no se han considerado las acciones térmicas, ya que la pasarela dispone aparatos de apoyo que permiten el desplazamiento, además de absorber la deformación producida por los cambios de temperatura y su longitud es inferior a 40 m.

### 2.1.2.4 Acción reológica

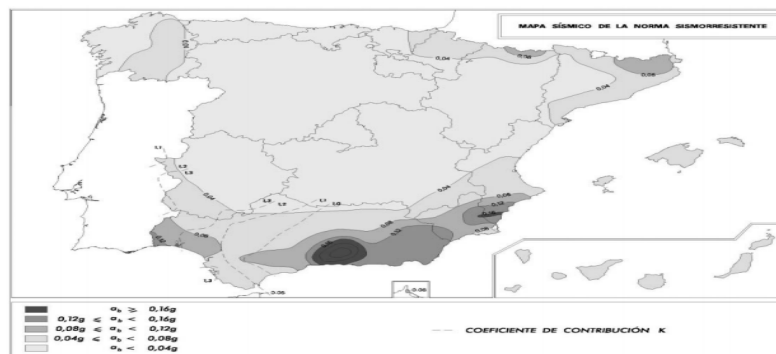
Es la producida por las deformaciones que experimentan los materiales en el transcurso del tiempo por retracción, fluencia bajo cargas, u otras acciones. No las tenemos en cuenta ya que en general, son despreciables en los materiales metálicos.

### 2.1.2.5 Acción sísmica

Las acciones sísmicas están reguladas en la Norma de construcción sismorresistente, NSCE.

Nuestra construcción se encuentra en la zona tercera, que es de sismicidad media, y la construcción estará sometida a intensidad VI. La norma señala que en obras de la tercera zona, del segundo grupo y de intensidad VI, no es preceptiva la consideración de acción sísmica en estructuras de tipo C, con lo que podemos no considerar la acción de un sismo a la hora de realizar los cálculos.

A continuación se muestra el mapa de peligrosidad sísmica en España:





### 2.1.3 TERMINOLOGÍA Y UNIDADES

A continuación se definen algunos términos técnicos que se emplean en este Documento Básico. Los términos de carácter general están definidos en el documento DB-SE.

- Carga: Fuerza, debida a la gravedad, que actúa sobre un edificio y que interesa a su estructura.
- Carga de nieve: Carga producida por la nieve.
- Impacto: Colisión entre un cuerpo en movimiento y una construcción.
- Periodo de retorno: Probabilidad de ocurrencia de un determinado evento en un periodo de referencia definido.
- Peso propio: Carga producida por la gravedad en la masa de los elementos constructivos.
- Sobrecarga de uso: Peso de todo lo que puede gravitar sobre el edificio por razón de su uso.
- Superficie de aplicación: Superficie sobre la que actúa una fuerza concentrada.
- Temperatura ambiente: Temperatura del aire exterior en el emplazamiento de un edificio.

Para los cálculos de los diferentes elementos estructurales utilizaremos las siguientes unidades:

- Fuerzas y cargas: kN, kN/m, kN/m<sup>2</sup>
- Masa: kg
- Longitud: m, mm
- Tensiones: N/mm<sup>2</sup>, kN/ m<sup>2</sup>
- Momentos: kN\*m

A efectos prácticos se podrá considerar la siguiente correspondencia entre las unidades de fuerza de los sistemas MKS y SI: 1 Kilopondio (1 kp) = 10 Newton (10 N).

Además, durante el siguiente documento utilizaremos las siguientes notaciones, cumpliendo siempre con el Sistema Internacional de Unidades de Medida:



Magnitud	Dimensión	Símbolo
Aceleración	$LT^{-2}$	$a$
Aceleración de la gravedad	$LT^{-2}$	$g$
Anchura	$L$	$b$
Coefficiente eólico	-	$c$
Canto de sección	$L$	$d$
Carga unitaria	$FT^{-2}$	-
Altura	$L$	$h$
Sobrecarga unitaria	$FT^{-2}$	-
Empuje horizontal	$F$	$P_h$
Empuje Vertical	$F$	$P_v$
Carga lineal	$FT^{-1}$	$q$
Presión dinámica del viento	$FT^{-2}$	$w$
Profundidad	$L$	-



Profundidad de un empuje	$L$	$\gamma$
Área de sección	$L^2$	$A$
Angulo de talud	-	$\beta$
Peso específico aparente	$\text{FT}^{-3}$	$\gamma$



### 2.1.4 SEGURIDAD ESTRUCTURAL

El objetivo del requisito básico “Seguridad estructural” consiste en asegurar que la estructura tenga un comportamiento estructural adecuado frente a las acciones e influencias previsibles a las que pueda estar sometido durante su construcción y uso previsto.

Para satisfacer este objetivo, las estructuras se proyectarán, fabricarán, construirán y mantendrán de forma que cumplan con una fiabilidad adecuada a las exigencias básicas que se establecen en los Documentos Básicos “DB-SE Seguridad estructural”, “DB-SE-AE Acciones en la Edificación”, “DB-SE-C Cimientos”, “DB-SE-A Acero”, que especifican parámetros objetivos y procedimientos cuyo cumplimiento asegura la satisfacción de las exigencias básicas y la superación de los niveles mínimos de calidad propios del requisito básico de seguridad estructural.

#### 2.1.4.1 Estructuras metálicas

La elección de los coeficientes de seguridad se obtiene del Documento Básico SE-AE Seguridad Estructural – Acciones en la edificación. De dicho documento obtenemos la siguiente tabla:

Hipótesis de carga	Clase de acción	Coef. de ponderación $\gamma_s$ para efecto de acción desfavorable
CASO 1: Acciones constantes y combinaciones de hipótesis	Acciones constantes	1,35
	Sobrecargas	1,5
	Acciones variables	1,5

#### 2.1.4.2 Estructuras de hormigón

Los valores de los coeficientes de seguridad en los materiales de hormigón de la estructura se obtienen de la “Instrucción de Hormigón Estructural, EHE. Así obtenemos los siguientes coeficientes:



Situación del proyecto	Hormigón $\gamma_c$	Acero pasivo y activo $\gamma_s$
Persistente y/o transitorio	1,5	1,15
Accidental	1,3	1,0

La situación de este proyecto es persistente o transitorio.

(Nota: El suelo de la pasarela es de madera, y al no ser la madera un material homogéneo y presentar nudos e irregularidades, se toma un coeficiente mayor, en este caso el coeficiente de seguridad es 3. Se considera el efecto de las acciones siempre desfavorable.)



## 2.2\_CÁLCULO DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

### 2.2.1 SUELO

El suelo de la pasarela será de madera. Utilizaremos tablas de madera de roble.

$$\text{- Peso específico} = 800 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{- Tensión de rotura} = 240 \text{ kg/cm}^2$$

Los tablones tendrán 15 cm de ancho y 1,80 m de largo. Para la colocación de los últimos tablones dispondremos de dos tablones de 90 cm de largo y 15 cm de ancho y de dos tablones de 90 cm de largo y 10 cm de ancho. Estos tablones facilitarán la correcta colocación de todos los tablones. Nos harán falta 170 tablones de 15 cm.

#### 2.2.1.1 Cálculo del canto de los tablones

$$\text{Sobrecarga de uso} + \text{sobrecarga de nieve} = 450 \text{ kg/m}^2$$

Tomando el caso más desfavorable el ancho del tablón será de 10 cm.

$$\text{En su anchura soportará} \rightarrow 450 \text{ kg/m}^2 \times 0,1 \text{ m} = 45 \text{ kg/m}$$

Aplicando el coeficiente de seguridad:

$$q = 45 \text{ kg/m} \times 3 = 135 \text{ kg/m} = 1,35 \text{ kg/cm}$$

$$l = 1,8 \text{ m}$$

El momento máximo será:

$$q \times l^2$$

$$M_{\max} = \frac{\quad}{8} = 5.467,5 \text{ kg*cm}$$

$$8$$

$$M_{\max}$$

$$S = \frac{\quad}{\quad}$$

$$\sigma_{\text{rot}}$$

Siendo:

$$S = \text{Módulo de sección.}$$

$$\sigma_{\text{rot}} = \text{Tensión de rotura.}$$



Tomaremos  $S = 25 \text{ cm}^3$

$$\sigma = \frac{M \times H}{I} = \frac{M}{S} \rightarrow S = \frac{I}{H}$$

Siendo:

$I$  = momento de inercia.

$H$  = altura.

$b = 10 \text{ cm}$

$1/12 \times b \times h^3$

$$S = \frac{1/12 \times b \times h^3}{h/2} = 1/6 \times b \times h^2 \rightarrow h = 3,87 \text{ cm}$$

Solución adoptada:

Nosotros elegiremos un canto de **9,5 cm**.

### 2.2.1.2 Peso propio

El peso específico de la madera de roble es de  $800 \text{ kg/m}^3$ . Por lo tanto el peso propio del suelo será:

$$25,5 \text{ m} \times 1,8 \text{ m} \times 0,095 \text{ m} \times 800 \text{ kg/m}^3 = 3488,4 \text{ kg}.$$

### 2.2.1.3 Comprobación de la flecha

Al estar los tabloncillos apoyados cada 1,8 m, la flecha viene dada por la expresión:

$$5 \times q \times L^4$$

$$V_{\max} = \frac{5 \times q \times L^4}{384 \times E \times I}$$

Siendo:

$E$  = Módulo de Young del roble =  $0,12 \times 10^{10} \text{ kg/m}^2$

$I$  = Momento de inercia =  $1/12 \times ab^3$





$q = \text{Sobrecargas de uso} + \text{Sobrecargas de nieve} + \text{peso propio} = 30.959,55 \text{ kg.}$

Sustituyendo esto en la expresión anterior nos da un valor de  $4,93 \times 10^{-4} \text{ m}$   $< 1,8/500 \text{ m}$  (máxima flecha admisible).

#### 2.2.1.4 Guardacantos de chapa

Para que los tablonos queden bien asentados sobre la estructura, irán colocados sobre una pieza de acero en forma de C soldada a los cordones de tracción en su parte interna según se indica en los planos. Esta pieza es un guardacantos de chapa de 5 mm, y se colocará en tramos de 2 m cada uno. Los tablonos irán atornillados y encajados en el guardacantos de chapa.

Los tornillos elegidos para la sujeción de los tablonos son:

- TORNILLO APLASTADO DIN 603 M 20  $\times$  120
- TUERCA EXAGONAL M20 DIN 934

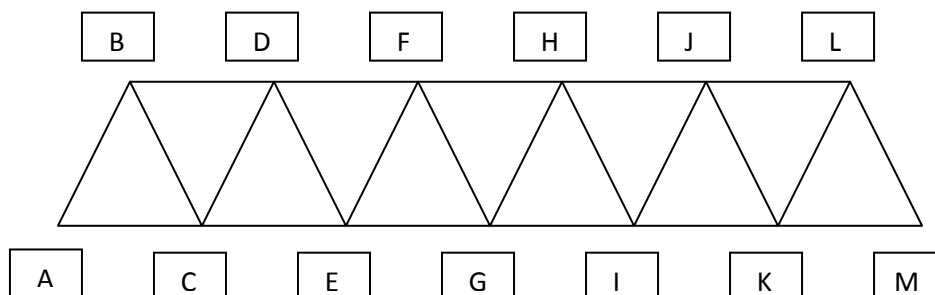
#### 2.2.2 SOLDADURA

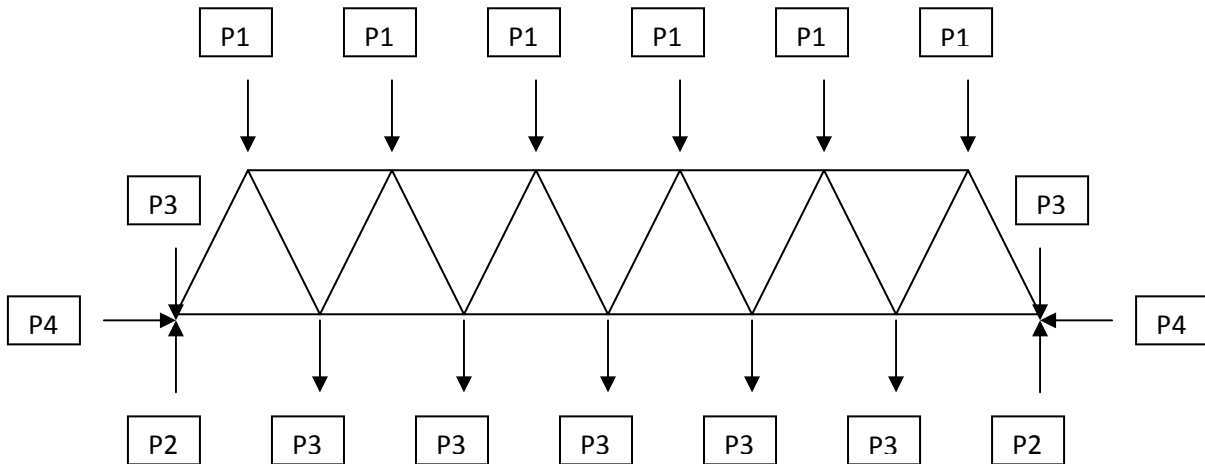
Todas las partes de la estructura estarán unidas mediante soldadura a tope, que unirá totalmente y con penetración completa dos piezas, prolongando una de ellas, con igual o mayor sección hasta encontrar a la otra. Estas uniones se considerarán de igual resistencia que la pieza que prolongan. En consecuencia no necesitan ser calculadas.

#### 2.2.3 ESTRUCTURA

La estructura vertical será una viga de celosía y en la estructura horizontal los arriostramientos son de tipo Cruz de San Andrés.

##### 2.2.3.1 Estructura vertical. Viga de celosía.





Supongamos que elegimos el siguiente material:

- Cordones comprimido y de tracción:

Tubo rectangular de 140 x 100 x 6 mm

Peso = 20,51 kg/m

- Diagonales

Tubo redondo de 100 x 4 mm

Peso = 9,465 kg/m

- Arriostramientos. Cruz de San Andrés.

Tubo redondo de 100 x 4 mm

Peso = 9,465 kg/m

El peso propio de la estructura será:

$$(21,25 \text{ m} + 25,5 \text{ m}) \times 20,51 \text{ kg/m} + (2 \times 3,56 \text{ m} \times 20,51 \text{ kg/m}) + (10 \times 3,56 \text{ m} \times 9,465 \text{ kg/m}) + (6 \times 4,7 \text{ m} \times 9,465 \text{ kg/m}) + (4 \times 2 \text{ m} \times 9,465 \text{ kg/m}) + (5 \times 2 \text{ m} \times 9,465 \text{ kg/m}) = 1879 \text{ kg}$$

$$\text{Peso de la estructura} = 1.879 \text{ kg} \times 2 = 3.758 \text{ kg}$$

$$Q_2 = q + 3758 = 34.718 \text{ kg}$$

$$Q_2^* = Q_2 \times 1,35 = 46.869 \text{ kg}$$

$$P_1 = (1 \times 20,51 \text{ kg/m} \times 4,25 \text{ m}) + (1 \times 2,85 \text{ m} \times 9,465 \text{ kg/m}) = 115 \text{ kg}$$



$$P_2 = \frac{Q_2^*}{4} - \frac{P_3}{2} = 9.822 \text{ kg}$$

$$P_3 = \frac{Q_2^* - 12 P_1}{12} = 3.790 \text{ kg}$$

$$P_4 = 962,5 \text{ kg}$$

$P_4$  está calculado en el apartado apoyos.

Resolvemos por el método de los nudos, y como se trata de una estructura estática, la suma de fuerzas en cada nudo debe ser cero.

Con esto pasamos a calcular la suma de tensiones en cada nudo.

**- Nudo A:**

$$\sum A_x = 962,5 + AC - 12.251 \cos 53,29 = 0$$

$$\sum A_y = 9.822 + AB \sin 53,29 = 0$$

$$AB = 12.251 \text{ kg compresión}$$

$$AC = 6.361 \text{ kg tracción}$$

**- Nudo B:**

$$\sum B_x = 12.251 \cos 53,29 + 12.108 \cos 53,29 + BD = 0$$

$$\sum B_y = -115 + 12.251 \sin 53,29 - BC \sin 53,29 = 0$$

$$BC = 12.108 \text{ kg tracción}$$

$$BD = 14.561 \text{ kg compresión}$$

**- Nudo C:**



$$\sum C_x = -6.361 - 12.108 \cos 53,29 - 7.381 \cos 53,29 + CE = 0$$

$$\sum C_y = 12.108 \sin 53,29 - 3.790 + CD \sin 53,29 = 0$$

$$CD = 7.381 \text{ kg compresión}$$

$$CE = 18.011 \text{ kg tracción}$$

**- Nudo D:**

$$\sum D_x = 14.561 + 7.381 \cos 53,29 + 7.238 \cos 53,29 + DF = 0$$

$$\sum D_y = -115 + 7.381 \sin 53,29 - DE \sin 53,29 = 0$$

$$DE = 7.238 \text{ kg tracción}$$

$$DF = 23.300 \text{ kg compresión}$$

**- Nudo E:**

$$\sum E_x = -18.011 - 7.238 \cos 53,29 - 2.510 \cos 53,29 + EG = 0$$

$$\sum E_y = 7.238 \sin 53,29 - 3.790 + EF \sin 53,29 = 0$$

$$EF = 2.510 \text{ kg compresión}$$

$$EG = 23.838 \text{ kg tracción}$$

**- Nudo F:**

$$\sum F_x = 23.300 + 2.510 \cos 53,29 + 2.366 \cos 53,29 + FH = 0$$

$$\sum F_y = -115 + 2.510 \sin 53,29 - FG \sin 53,29 = 0$$

$$FG = 2.366 \text{ kg tracción}$$

$$FH = 26.215 \text{ kg compresión}$$

Comprobamos que las supuestas dimensiones de los elementos son correctas y evitan el pandeo.



Máximas tensiones:

- 1) Cordón comprimido      FH = 26.215 kg
- 2) Cordón tracción      EG = 23.838 kg
- 3) Diagonal comprimida      AB = 12.251 kg
- 4) Diagonal tracción      BC = 12.108 kg

1) Cordón comprimido

$$FH = 26.215 \text{ kg}$$

Tubo rectangular de 140 x 100 x 6 mm

$$\text{Área} = 26,12 \text{ cm}^2$$

$$I = 5,14$$

$$\beta = 1$$

$$\beta \times 1$$

$$\lambda = \frac{\beta \times 1}{i} = 82,6 = 83 \rightarrow w = 1,57$$

$$\sigma = \frac{w \times T}{A} \leq 2.600 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma = 1.576 \text{ kg/cm}^2 < 2.600 \text{ kg/cm}^2$$

2) Cordón de tracción:

$$EG = 23.838 \text{ kg}$$

Tubo rectangular de 140 x 100 x 6 mm



$$w \times T$$

$$\sigma = \frac{\quad}{A} \leq 2.600 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma = 1.432 \text{ kg/cm}^2 < 2.600 \text{ kg/cm}^2$$

3) Diagonal comprimida:

$$AB = 12.251 \text{ kg}$$

Tubo redondo de 100 x 4 mm

$$\text{Área} = 12,058 \text{ cm}^2$$

$$I = 3,397$$

$$\beta = 0,8$$

$$\beta \times I$$

$$\lambda = \frac{\quad}{i} = 83,8 = 84 \rightarrow w = 1,60$$

$$w \times T$$

$$\sigma = \frac{\quad}{A} \leq 2.600 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma = 1.626 \text{ kg/cm}^2 < 2.600 \text{ kg/cm}^2$$

4) Diagonal de tracción:

$$BC = 12.108 \text{ kg}$$

Tubo redondo de 100 x 4 mm

$$\sigma = 1.606 \text{ kg/cm}^2 < 2.600 \text{ kg/cm}^2$$

Con esto hemos comprobado que la elección de los tubos para la estructura ha sido correcta.

Solución adoptada:

Para los **cordones comprimido y de tracción** elegiremos **tubos rectangulares** de **140 x 100 x 6 mm** y para las **diagonales** se escogerán **tubos redondos** de **100 x 4 mm**.

**2.2.3.2 Estructura horizontal. Cruz de San Andrés.**

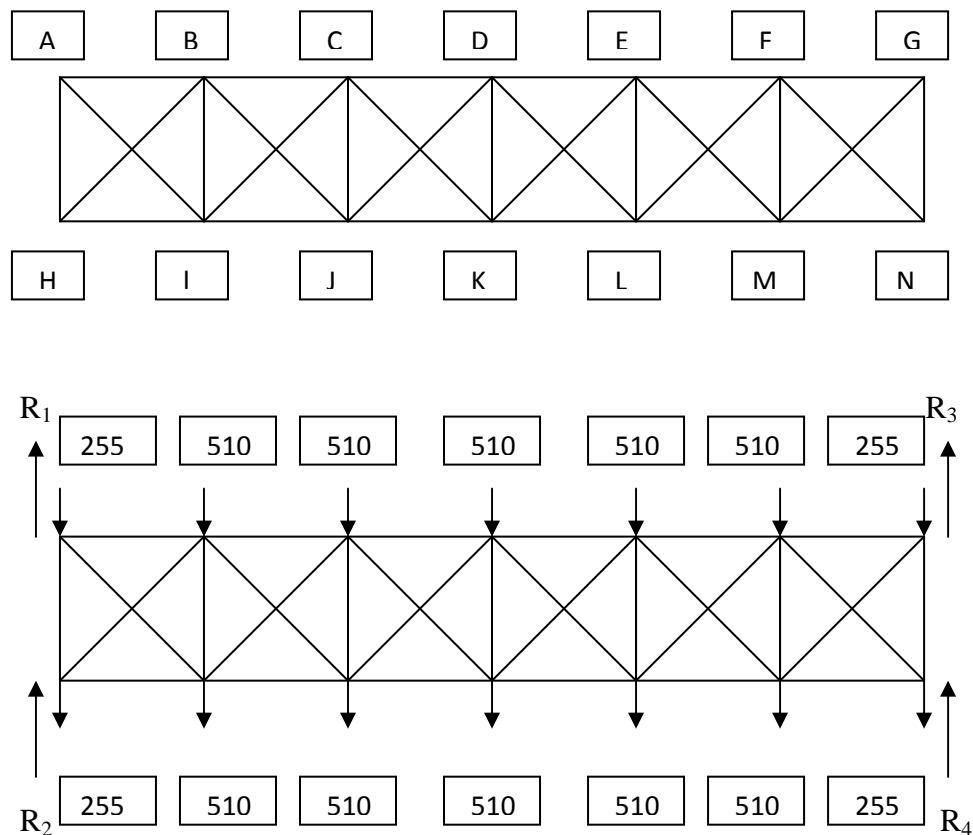
En este caso se consideran los esfuerzos producidos por el viento. La estructura también se considerará cargada en los nudos.

Los arriostramientos son del tipo Cruz de San Andrés, así, cualquiera que sea la dirección del esfuerzo habrá siempre una diagonal traccionada despreciándose, por su esbeltez, el efecto de la comprimida.

$$P = 80 \text{ kg/m}^2$$

La carga total será:  $80 \times 25,5 \times 2 \times 1,5 = 6.120 \text{ kg}$

Las cargas repartidas por los nudos quedan distribuidas de la siguiente manera:





Las reacciones en los extremos serán iguales todas, ya que la estructura es simétrica.

$$R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = 1,530 \text{ kg}$$

Para calcular los esfuerzos en las barras utilizamos, al igual que antes, el método de los nudos.

**- Nudo H:**

$$\sum J_x = 0 \rightarrow HI = 0$$

$$\sum J_y = HA + 1.530 - 255 = 0 \rightarrow HA = 1.275 \text{ kg compresión}$$

$$HI = 0$$

$$HA = 1.586 \text{ kg compresión}$$

**- Nudo A:**

$$\sum A_x = AB + AI \sin 64,8 = 0$$

$$\sum A_y = 1.530 - 255 - AI \cos 64,8 + AH = 0$$

$$AI = 6.720 \text{ kg tracción}$$

$$AB = 6.080 \text{ kg compresión}$$

**- Nudo I:**

$$\sum I_x = IJ - AI \sin 64,8 = 0$$

$$\sum I_y = AI \cos 64,8 - 510 - IB = 0$$

$$IJ = 6.080 \text{ kg tracción}$$

$$IB = 2.351 \text{ kg compresión}$$

**- Nudo B:**

$$\sum B_x = AB + BC + BJ \sin 64,8 = 0$$

$$\sum B_y = IB - 510 - BJ \cos 64,8 = 0$$

$$BJ = 4.324 \text{ kg tracción}$$

$$BC = 7.921 \text{ kg compresión}$$



**- Nudo J:**

$$\sum J_x = JK - IJ - BJ \sin 64,8 = 0$$

$$\sum J_y = BJ \cos 64,8 - 510 - CJ = 0$$

$$JK = 9.992 \text{ kg tracción}$$

$$CJ = 1.331 \text{ kg compresión}$$

**- Nudo C:**

$$\sum C_x = CB - CD + CK \sin 64,8 = 0$$

$$\sum C_y = CJ - 510 - CK \cos 64,8 = 0$$

$$CK = 1.928 \text{ kg tracción}$$

$$CD = 8.742 \text{ kg compresión}$$

**- Nudo D**

$$\sum D_x = DC - DE = 0$$

$$\sum D_y = DK - 510 = 0$$

$$DE = 8.742 \text{ kg compresión}$$

$$DK = 510 \text{ kg compresión}$$

Comprobación del pandeo:

Máxima tensión:

$$\text{Diagonal de tracción AI} = 6.720 \text{ kg}$$

Tubo redondo de 100 x 4 mm

$$\text{Área} = 12,058 \text{ cm}^2$$

$$i = 3,397$$

$$\beta = 1$$

$$\beta \times 1$$

$$\lambda = \frac{\text{---}}{i} = 138,3 = 139 \rightarrow w = 3,45$$

i



$$\sigma = \frac{w \times T}{A} \leq 2.600 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma = 1.922 \text{ kg/cm}^2 < 2.600 \text{ kg/cm}^2$$

Con esto hemos comprobado que la elección de los tubos ha sido correcta.

#### Solución adoptada:

La **cruz de san andrés** se realizará mediante **tubos redondos** de **100 x 4 mm**.

#### **2.2.4 BARANDILLA**

- Pasamanos:

La norma dice que se debe utilizar una sobrecarga horizontal de 100 kg/m. Se considera cada tramo del pasamanos sometido a una carga uniformemente repartida q. El coeficiente de ponderación de cargas será 1,5

$$q = 100 \times 1,5 = 150 \text{ kg/m}$$

Calculamos la sección w:

$$W = \frac{M_{\max}}{\sigma_u}$$

$$\sigma_u = 2600 \text{ kg/m}^2 \text{ en los aceros A 42 - d}$$

$$q \times l^2$$

$$M_{\max} = \text{Momento flector máximo} = \frac{q \times l^2}{8} = 94.92 \text{ kg m} = 95 \text{ kg m}$$

Siendo:

l = distancia entre los apoyos del pasamanos = 2,25 m

$$w = 3,65 \text{ cm}^3$$



Una vez obtenida la sección elegimos el tubo redondo 45 x 3 mm que tiene una  $w = 3,897 \text{ cm}^3$

### Solución adoptada

Para el **pasamanos** escogeremos un **tubo redondo de 45 x 3 mm** y el **resto de tubos** de la barandilla serán **tubos redondos de 40 x 2 mm**.

### 2.2.5 APOYOS

$$Q^{2*} = 46.869 \text{ kg}$$

V

$$\sigma_{vt} = \frac{V}{A} < 100 \text{ kg/cm}^2$$

A

V

$$\sigma_{vp} = \frac{V}{A} < 30 \text{ kg/cm}^2$$

A

Suponemos una carga de 200 kg/m.

Coefficiente de ponderación 1,5

Carga permanente = 300 kg

Carga total =  $300 \times 25,5 = 7.650 \text{ kg}$

$$V_p = 1/2 \cdot 7.650 = 3825 \text{ kg}$$

Carga pasarela = 46.869 kg

$$V_t = 1/2 \cdot 54.519 = 27.259 \text{ kg}$$

$$\sigma_{\min} < 30 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_{\max} < 100 \text{ kg/cm}^2$$

-  $\sigma_{\min}$ 

$$\text{Área necesaria} = \frac{3825}{30} = 127,5 \text{ cm}^2$$

-  $\sigma_{\max}$ 

$$\text{Área necesaria} = \frac{27.259}{100} = 272,59 \text{ cm}^2$$

Cogemos una de  $200 \times 200 = 400 \text{ cm}^2$ 

$$\sigma_{\min} = \frac{3825}{400} = 9,56 \text{ kg/cm}^2 < 30 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_{\min} = \frac{1}{2} \times \frac{54.519}{400} = 68,14 \text{ kg/cm}^2 < 100 \text{ kg/cm}^2$$

- Comprobación de la deformación tangencial:

$$\text{tg } \gamma_{xy} = (\text{tg}^2 \gamma_x + \text{tg}^2 \gamma_y)^{1/2} < 0,7$$

$$\text{tg } \gamma_x = \frac{U_x}{e_t} + \frac{H_x}{GA} \quad U_x = m \times e_i \times \frac{H_x}{a \times b \times G} \rightarrow H_x = 1.250 \text{ kg}$$



$e_i$  = espesor de la capa a estudio

$m = n^\circ$  de láminas de caucho

$a \times b = \text{Area}$

$H_x$  = Reacción horizontal longitudinal producida por las cargas características = 1.250 kg

$G = 10 \text{ kg/cm}^2$

$A = \text{Área} = 400 \text{ cm}^2$

$e_t$  = Suma de los espesores de todas las capas = 3,2 cm

$$\text{tg } \gamma_y = \frac{U_y}{e_t} + \frac{H_y}{GA}$$

$H_y$  = Reacción horizontal transversal producida por las cargas características = 250 kg

$$\alpha \times \Delta_t \times L$$

$$U_x = \frac{\alpha \times \Delta_t \times L}{2} = 0,000012 \times 50 \times 25.500 = 15,3 \text{ mm}$$

$$U_y = 2 \text{ mm}$$

Con todo esto obtenemos que:

$$\text{tg } \gamma_x = 0,6325$$

$$\text{tg } \gamma_y = 0,125$$

$\text{tg } \gamma_{xy} = 0,645 < 0,7$

- Comprobación de la tensión tangencial:

$$\tau = \tau_v + \tau_n + \tau_\alpha < 5G$$



$$\tau_v = \frac{1,5}{\mu} \sigma_v \quad \tau_h = G \times \tan \gamma_{xy} \quad \tau_\alpha = \frac{G \times a^2}{2 \times e_i \times e_t} \tan \alpha$$

$\alpha$  = ángulo de giro del apoyo

$$\mu = \frac{a \times b}{2 \times e_i \times (a + b)}$$

$$\mu = 3,125$$

$$\tau_v = 39,96 \text{ kg/cm}^2$$

Tomaremos  $\alpha = 0,0066$

$$\tau_\alpha = \frac{G \times a^2}{2 \times e_i \times e_t} \tan \alpha$$

$$\tau_\alpha = 2,60 \text{ kg/cm}^2$$

Aplicando estos valores en la fórmula  $\tau = \tau_v + \tau_h + \tau_\alpha < 5G$  obtenemos el valor de  $\tau$ .

$$\tau = 49,05 \text{ kg/cm}^2$$

- Comprobación para que no se levante el borde menos cargado:

$$\tan \alpha < G \times \frac{\sum \delta_i}{a}$$



$$\sigma_v \times e_i$$

$$\delta_i = \frac{\sigma_v \times e_i}{8 \times G \times \mu^2 + 3\sigma_v} = 0,1292 \text{ cm}$$

$$8 \times G \times \mu^2 + 3\sigma_v$$

$$\tan \alpha = 0,0066 < 0,07752$$

$$\tan \alpha < 0,07752$$

• Comprobación estabilidad:

Como  $e_t < a/5$  no es necesario comprobarlo.

$$e_t = 3,2 \text{ cm} < 20/5 = 4 \text{ cm}$$

• Comprobación de armadura metálica:

$$2 (e_1 + e_2) V$$

$$E_a = 3,5 \text{ mm} > \frac{2 (e_1 + e_2) V}{A \times \sigma_{adm,F}}$$

$$A \times \sigma_{adm,F}$$

$E_a$  = Espesor de la chapa de acero.

$\sigma_{adm,F}$  = Tensión admisible del acero por consideraciones de fatiga.

Supondremos  $\sigma_{adm,F} = \sigma_{adm} = 1.600 \text{ kg/cm}^2$

$$E_a = 3,5 \text{ mm} > 3,33 \text{ mm}$$

• Comprobación deslizamiento:

Como  $\sigma_v < 20 \text{ kg/cm}^2$  es preciso adoptar dispositivos para inmovilizar el apoyo, tal y como se muestra en los planos.



• Reacción horizontal sobre cimentaciones:

$$H = \frac{G \times A \times U_x}{e_t} = 1.275 \text{ kg}$$

$$Q_h = 1.275 \pm 1.250$$

6.350 kg  
 3.850 kg

## 2.2.6 CIMENTACIONES

Las cimentaciones sobre las que descansará nuestra pasarela serán tratadas en dos partes: margen este y margen oeste. Ambas constarán de un único elemento considerado como una gran zapata.

Tanto en un margen como en el otro, y antes de cimentar, se extenderá una capa de unos 10 cm de espesor de hormigón pobre de limpieza. Después del proceso de excavación, y sobre los márgenes del río se procederá a la compactación del terreno con aporte de material para así conseguir que los asientos que puedan producirse se ajusten a los señalados por la norma al respecto. Según el EHE-08 el asiento no será inferior a 6 cm.

• Coeficientes de seguridad:

- Coeficiente de minoración del hormigón  $\gamma_c = 1,5$
- Coeficiente de ponderación de acciones  $\gamma_f = 1,6$

Respecto al terreno, diremos que se trata de un terreno sin cohesión y más concretamente de un terreno arenoso grueso. El nivel freático dista de la superficie de apoyo menos de la anchura de esta. La profundidad de cimentación es de 2-3 m.

Con esto obtenemos según que:

$$\sigma_{t,adm} = 5 \text{ kg/cm}^2$$

$$\gamma_t = 2 \text{ Tm/m}^3 \quad \text{margen oeste}$$

$$\gamma_t = 1,7 \text{ Tm/m}^3 \quad \text{margen este}$$

Características del hormigón:



Tipo : HA – 25 – B – 15 – F

$$\sigma_{adm} = 25 \text{ N/mm}^2$$

$$\gamma = 2.500 \text{ kg/m}^3$$

### 2.6.6.1 Margen Este

#### 1) Cálculos:

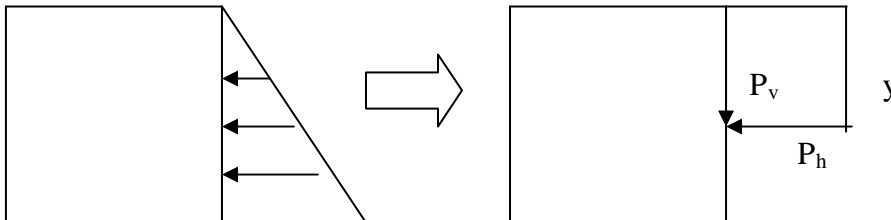
$$\text{- Concargas} = 1/2 (\text{peso madera} + \text{peso estructura}) \times 1,6 = 5.797 \text{ kg}$$

$$\text{- Sobrecargas} = 1/2 (\text{sobrecarga de uso} + \text{sobrecarga de nieve}) \times 1,6 = 24.768 \text{ kg}$$

$$\text{Total} = 30.565 \text{ kg}$$

$$\text{- Peso propio de la cimentación} = (2 \times 2,5 \times 3) 2.500 = 37.500 \text{ kg}$$

- Empuje del terreno



$$P_h = (\gamma_t h^2/2 + qh) \lambda_h \times \gamma_f$$

$$P_v = (\gamma_t h^2/2 + qh) \lambda_v \times \gamma_f$$

$$2\gamma_t h + 3q$$

$$y = h \text{ —————}$$

$$3\gamma_t h + 6q$$

$\phi$  = ángulo de rozamiento interno

$\delta$  = ángulo de rozamiento entre el terreno y el muro



$$\gamma_t = 1,7 \text{ Tm/m}^3$$

$$\varphi = 25^\circ$$

$$\delta = 2/3 \varphi = 16,67^\circ$$

$$\alpha = 90^\circ \Rightarrow \cotg \alpha = 0$$

$$\beta = 0^\circ$$

$$\lambda_h = 0,35$$

$$\lambda_v = 0,10$$

$$h = 2,5 \text{ m}$$

$$q = 30 \text{ Tm/m}$$

Para evitar la excentricidad mínima ponderamos el esfuerzo normal mediante el coeficiente  $\gamma_n = 1.025$ . Con esto el esfuerzo normal ponderado es de 34,75 Tm.

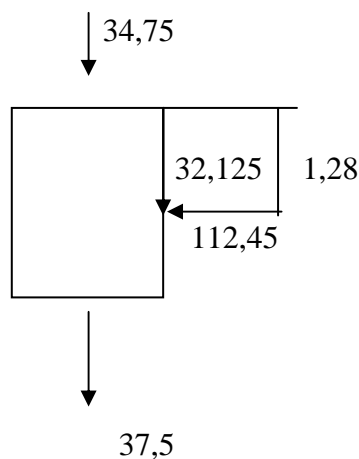
Con ello obtenemos que:

$$P_h = 44,975 \text{ Tm/m} \times 2,5 \text{ m} = 112,45 \text{ Tm}$$

$$P_v = 12,850 \text{ Tm/m} \times 2,5 \text{ m} = 32,125 \text{ Tm}$$

$$y = 1,28 \text{ m}$$

El diagrama de esfuerzos será:



## 2) Comprobación del dimensionado

- Comprobación de la tensión admisible del terreno  $\sigma_{t,adm}$  :



$$\sigma \leq \sigma_{t,adm}$$

$$\sigma = N/A$$

$$A = 200 \times 250 = 50.000 \text{ cm}^2$$

$$N = 34,75 + 37,5 + 32,125 = 104,375 \text{ Tm}$$

$$\sigma = 2,1 \text{ kg/cm}^2 < \sigma_{t,adm} = 5 \text{ kg/cm}^2$$

- Comprobación del dimensionamiento en base a la tensión admisible del material (hormigón):

Comprobación a compresión.

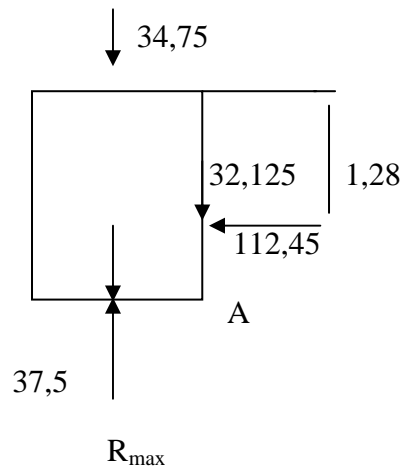
Condición  $\sigma \leq \sigma_{adm} / \gamma_c$

$$\sigma_{adm}$$

$$\sigma = 2,1 \text{ kg/cm}^2 << \frac{\sigma_{adm}}{\gamma_c} = 166,7 \text{ kg/cm}^2$$

$$\gamma_c$$

- Comprobación del posible vuelco de la zapata.



$$R_{max} = \sigma_{t,adm} \times \text{área} = 5 \times 50.000 = 250 \text{ Tm}$$

Para que no vuelque deberá cumplirse que, tomando momentos respecto al punto

A:

$$(34,75 + 37,5) \times 1 + 112,45 (2,5 - 1,28) \leq 250 \times 1$$



$$209,5 < 250 \Rightarrow \text{NO VUELCA}$$

### 3) Armadura:

Utilizaremos acero B 400 – S

#### - ARMADURA VERTICAL:

Según el EHE-08 la resistencia del proyecto no será menor de 25 N/mm<sup>2</sup> en hormigones armados.

$$\text{Resistencia de proyecto } f_{ck} = 25 \text{ N/mm}^2$$

Según el EHE-08 para zapatas de hormigón, corresponde una sección de armadura de:

$$A_s \geq 0,04 A_c \frac{f_{cd}}{f_{yd}}$$

- $f_{cd}$  = Resistencia de cálculo de hormigón en compresión.

$$\text{Según EHE-08} \quad f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c}$$

$$\gamma_c = 1,5$$

$$\text{Con esto obtenemos que } f_{cd} = 16,67 \text{ N/mm}^2$$

- $f_{yd}$  = Resistencia de cálculo del acero de la armadura.

$$f_{yd} \text{ no mayor que } 400 \text{ N/mm}^2$$

- $A_c$  = área de la sección total de hormigón.
- $A_s$  = área de la armadura.

$$\text{Con todo esto obtenemos que: } A_s = 84 \text{ cm}^2$$

- Recubrimiento mínimo al contacto con el terreno.

$$\text{Según el EHE-08} \quad r_{\min} = 40 \text{ mm}$$

$$r_{\text{nom}} = r_{\min} + \Delta r = 40 + 10 = 50 \text{ mm}$$



Recubrimiento = 50mm

- Distancia entre redondos.

La distancia entre redondos será menor de 30 cm.

Nosotros tomaremos una distancia máxima de 24 cm.

- $200 - (5 \times 2) = 190$

$190/20 = 9,5 \approx 9$  redondos por cada cara.

- $250 - (5 \times 2) = 240$

$240/20 = 12$  redondos por cada cara.

Tenemos dos caras, luego el total de redondos será de 42.

$$84 \text{ cm}^2$$

$$\frac{\quad}{42} = 2 \text{ cm}^2/\text{redondo}$$

$$42$$

$$\text{Diámetro} = \sqrt{(4 \times A) / \Pi} = 1,59 \text{ cm}$$

Diámetro del redondo = 16 mm

- Tomaremos una malla electrosoldada corrugada.

Según EHE-08  $l_b = m\phi^2$  con  $m=15$

$$l_b = 38,4 \text{ cm}$$

La longitud de solapo será según EHE-08 el siguiente:

$$\text{Longitud de solapo} = 1,7 l_b = 65 \text{ cm}$$

Teniendo en cuenta todo esto elegimos las siguientes mallas:

2 mallas electrosoldadas corrugadas del tipo ME 24 x 20 Ø 16–10 B 400 – S 3,7 x 2,8

2 mallas electrosoldadas corrugadas del tipo ME 20 x 20 Ø 16–10 B 400 – S 1,8 x 2,8

- ARMADURA HORIZONTAL:

Siguiendo los pasos anteriores obtenemos:



$$A_s = 125 \text{ cm}^2$$

En cada cara tendremos  $62,5 \text{ cm}^2$

$$250 - (5 \times 2) = 240$$

$240/10 = 24$  redondos por cada cara.

$$62,5 \text{ cm}^2$$

$$\frac{\quad}{24} = 2,61 \text{ cm}^2/\text{redondo}$$

$$24$$

Diámetro del redondo = 1,82 cm

Tomamos diámetro = 20 mm por ser el más próximo en la serie de diámetros nominales recomendados para barras corrugadas.

Para la armadura transversal de nuevo utilizaremos mallas electrosoldadas corrugadas.

Para la cara inferior : ME 10 x 15 Ø 20 – 14 B 400 – S 2,4 x 2,7

Para la cara superior : ME 10 x 15 Ø 20 – 14 B 400 – S 2,4 x 1,9

### 2.2.6.2 Margen Oeste

#### 1) Cálculos:

Los cálculos se realizarán igual que en el margen este.

$$\text{Concargas} = 5.797 \text{ kg}$$

$$\text{Sobrecargas} = 24.768 \text{ kg}$$

$$\text{Peso cimentación} = 37.500 \text{ kg}$$

$$P_h = (\gamma_t h^2/2 + qh) \lambda_h \times \gamma_f$$

$$P_v = (\gamma_t h^2/2 + qh) \lambda_v \times \gamma_f$$

$$2\gamma_t h + 3q$$

$$y = h \frac{\quad}{\quad}$$

$$3\gamma_t h + 6q$$



$$\gamma_t = 2 \text{ Tm/m}^3$$

$$\varphi = 30^\circ$$

$$\delta = 2/3 \varphi = 20^\circ$$

$$\alpha = 90^\circ \Rightarrow \cotg \alpha = 0$$

$$\beta = 0^\circ$$

$$\lambda_h = 0,28$$

$$\lambda_v = 0,10$$

$$h = 2,5$$

$$q = 30 \text{ Tm/m}$$

$$P_h = 91 \text{ Tm}$$

$$P_v = 32,5 \text{ Tm}$$

$$y = 1,29 \text{ m}$$

## 2) Comprobación del dimensionado:

- Comprobación de la tensión admisible del terreno  $\sigma_{t,adm}$

$$\sigma \leq \sigma_{t,adm}$$

$$\sigma = N/A$$

$$A = 200 \times 250 = 50.000 \text{ cm}^2$$

$$N = 104,750 \text{ Tm}$$

$$\sigma = 2,1 \text{ kg/cm}^2 < \sigma_{t,adm} = 5 \text{ kg/cm}^2$$

- Comprobación en base a la tensión admisible del material (hormigón)

Comprobación a compresión.

$$\text{Condición } \sigma \leq \sigma_{adm} / \gamma_c$$

$$\sigma_{adm}$$

$$\sigma = 2,1 \text{ kg/cm}^2 \ll \frac{\sigma_{adm}}{\gamma_c} = 166,7 \text{ kg/cm}^2$$

$$\gamma_c$$



- Comprobación del posible vuelco de la zapata.

$$R_{\max} = 250 \text{ Tm}$$

Operando igual que en el margen este:

$$(34,75 + 37,5) \times 1 + 91 (2,5 - 1,29) \leq 250 \times 1$$

$$182,2 < 250 \quad \Rightarrow \quad \mathbf{NO \text{ VUELCA}}$$

### 3) Armadura:

Utilizaremos las mismas que en el margen este, y dispuestas de la misma manera.





## 2.3\_ANÁLISIS DINÁMICO EN MATLAB

### 2.3.1 INTRODUCCIÓN

El **análisis dinámico** comprende el análisis de las fuerzas, desplazamientos, velocidades y aceleraciones que aparecen en una estructura o mecanismo como resultado de los desplazamientos y deformaciones que aparecen en la estructura o mecanismo.

Gran parte de estos análisis pueden ser simplificados al reducir el mecanismo o estructura a un sistema lineal, con lo que es posible aplicar el principio de superposición para trabajar con casos simplificados.

El análisis dinámico de estructuras se refiere al análisis de las pequeñas oscilaciones o vibraciones que puede sufrir una estructura alrededor de su posición de equilibrio. El análisis dinámico es importante porque ese movimiento oscilatorio produce una modificación de las tensiones y deformaciones existentes, que deben tenerse en cuenta por ejemplo para lograr un diseño sísmico adecuado.

Como resultado de una perturbación exterior un edificio o estructura resistente que bajo la acción de unas cargas estaba en reposo, experimenta oscilaciones que en primera aproximación pueden representarse como un movimiento armónico compuesto, caracterizado por un sistema de ecuaciones lineal del tipo:

$$\mathbf{M}\ddot{\mathbf{x}}(t) + \mathbf{C}\dot{\mathbf{x}}(t) + \mathbf{K}\mathbf{x}(t) = \mathbf{F}(t)$$

Donde:

$\mathbf{M}$ ,  $\mathbf{C}$ ,  $\mathbf{K}$  son respectivamente la matriz de masas, la matriz de amortiguación y la matriz de rigidez de la estructura.

$\mathbf{x}(t)$ ,  $\dot{\mathbf{x}}(t)$ ,  $\ddot{\mathbf{x}}(t)$  son tres vectores que representan la posición, velocidad y aceleración de un conjunto de puntos de la estructura.

$\mathbf{F}(t)$  es un vector que representa las fuerzas equivalentes aplicadas sobre el mismo conjunto de puntos anteriores, este vector está asociado a la sollicitación exterior que perturba la misma estructura.

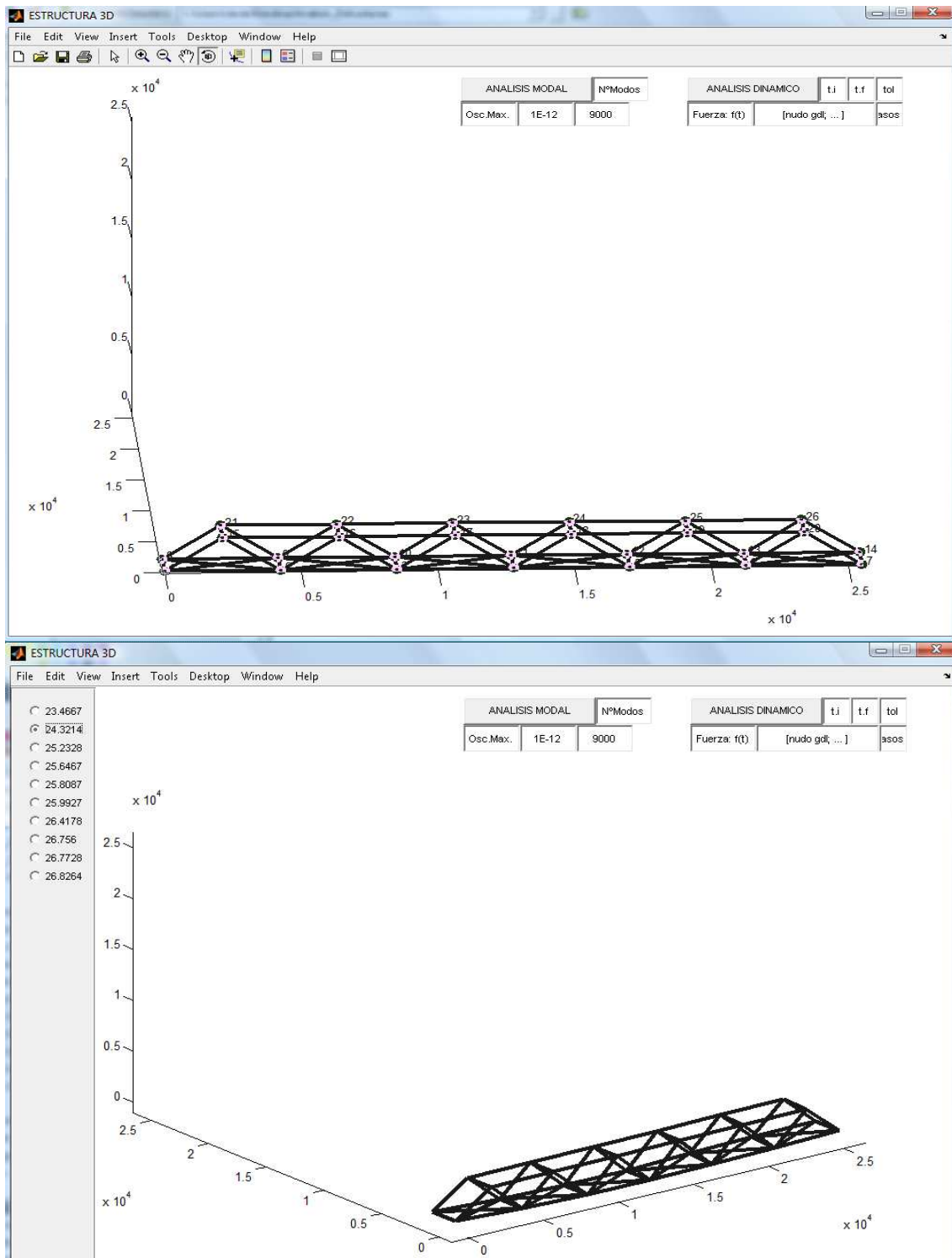
El análisis dinámico incluye estudiar y modelizar al menos estos tres aspectos:

- Análisis modal de frecuencias y modos propios de vibración. Tanto las frecuencias naturales de vibración de una estructura como los modos principales de vibración dependen exclusivamente de la geometría, los materiales y la configuración de un edificio o estructura resistente.
- Análisis de la sollicitación exterior.
- Análisis de las fuerzas dinámicas inducidas.



### 2.3.2 IMPLEMENTACIÓN EN MATLAB DE LA PASARELA

Se ha procedido a dibujar en Matlab la pasarela peatonal diseñada anteriormente, con el fin de realizar un análisis de vibraciones de la estructura con el programa que personalmente he programado. Aquí se puede ver una imagen del puente en Matlab:





Cuando se utilicen tipos de puentes sensibles a vibraciones, procede comprobar que no se pueden presentar fenómenos de resonancia y que las acciones no producen oscilaciones inaceptables desde el punto de vista de fatiga. Estos casos hay que examinarlos en el marco de la seguridad del puente.

En el caso de puentes con zonas transitables por peatones, no deben producirse vibraciones desagradables o que causen inquietud.

Tales condiciones se cumplen cuando la máxima aceleración vertical que pueda producirse en ( $\text{m/s}^2$ ), no supere el valor de  $0,5 \times f_0^{1/2}$ , en ningún punto transitable por peatones, siendo  $f_0$  la frecuencia del primer modo de vibración vertical, expresada en hertzios.

En ausencia de cálculos específicos, la aceleración máxima es admisible cuando se cumpla la siguiente condición:

$$Y_e \leq f_0^{1/2} / 80 f_0^2 k \psi$$

Donde:

$Y_e$  = Flecha producida por el peatón de 750 N situado en el punto de máxima deflexión, (m).

$f_0$  = Frecuencia principal de vibración, (Hz).

$K$  = Factor de configuración, según tabla 5.4 a)

$\psi$  = Factor de respuesta dinámica, según tabla 5.4 b)

Las tablas son las siguientes:



Tabla 5.4 a)

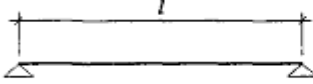
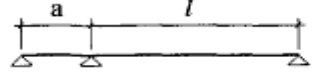
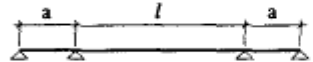
Configuración	$a/l$	$k$
	0	1,0
	1,0 0,8 < 0,6	0,7 0,9 1,0
	1,0 0,8 < 0,6	0,6 0,8 0,9

Tabla 5.4 a)

$l$ (m)	$\psi$
10	4,9
20	7,6
30	10,0
40	11,8
50	13,3

Aplicamos las fórmulas a nuestra pasarela y obtenemos el siguiente resultado:

Datos:

$$Y_e \leq f_0^{1/2} / 80 f_0^2 k \psi$$

$$k = 1$$

$$\psi = 10$$

$$f_0 = 23.4667 / 2 \cdot \pi = 3,73 \text{ Hz}$$

De las gráficas de matlab sacamos que el desplazamiento máximo ( $Y_e$ ) es de  $0.8 \times 10^{-5}$  mm.

Para ver si cumple la condición aplicamos la fórmula con nuestros datos y finalmente tenemos:

$$0.8 \times 10^{-8} \text{ m} \leq 1,73 \times 10^{-4} \text{ m}$$

**Sí se cumple**

También sabemos que la aceleración máxima no debe superar  $0,5 \times f_0^{1/2} = 0.96 \text{ m/s}^2$

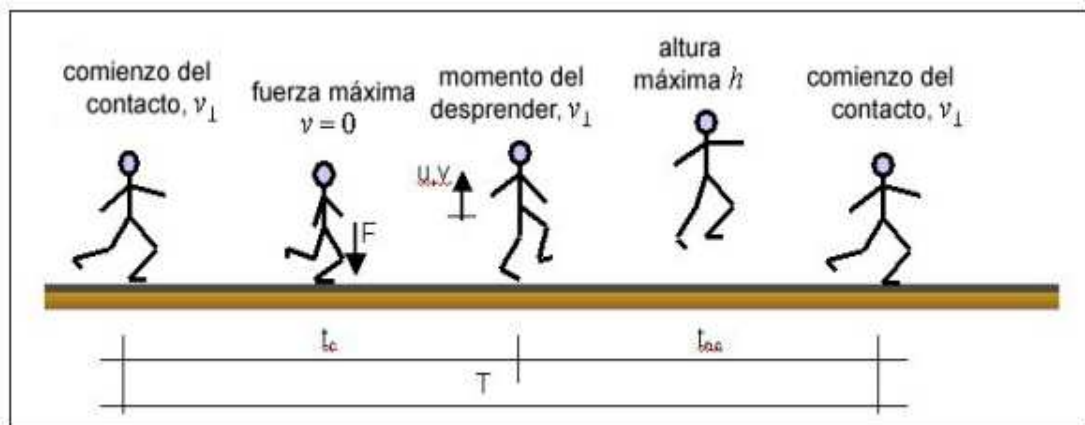
La flecha obtenida para la carga normalizada es menor que la máxima permisible, por lo tanto se demuestra que la rigidez estructural es satisfactoria desde el punto de vista del confort de los peatones.

Los resultados del estudio dinámico del puente, muestran que la tipología estructural y la combinación de masa y rigidez de la estructura son adecuadas para el correcto desempeño del puente en las condiciones de servicio a lo largo de su vida útil.

### 2.3.2.1 Ejemplo 1

En este ejemplo he realizado la simulación del puente con la carga de una persona paseando por la pasarela a un paso por segundo (1 Hz). El modelo matemático que habría que introducir en Matlab sería bastante complejo por lo que he hecho una aproximación.

Observando el movimiento de personas que corren y saltan durante el período de paso T se pueden identificar dos intervalos característicos:



La función de la fuerza  $F(t)$  se elige de acuerdo a la solución parametrizada del movimiento libre no amortiguado de un sistema de un grado de libertad. Así la función de carga completa resulta:



$$F(t) = \begin{cases} G \cdot [1 + s \cdot \cos(2\pi f_G \cdot t)] & \text{para } -\frac{t_c}{2} < t \leq \frac{t_c}{2} \\ 0 & \frac{t_c}{2} < t \leq T - \frac{t_c}{2} \end{cases}$$

Para una evaluación explícita de la función carga que describe peatones que caminan, corren y saltan, se requiere de los coeficientes de Fourier, la frecuencia de los pasos y el factor de impulso:

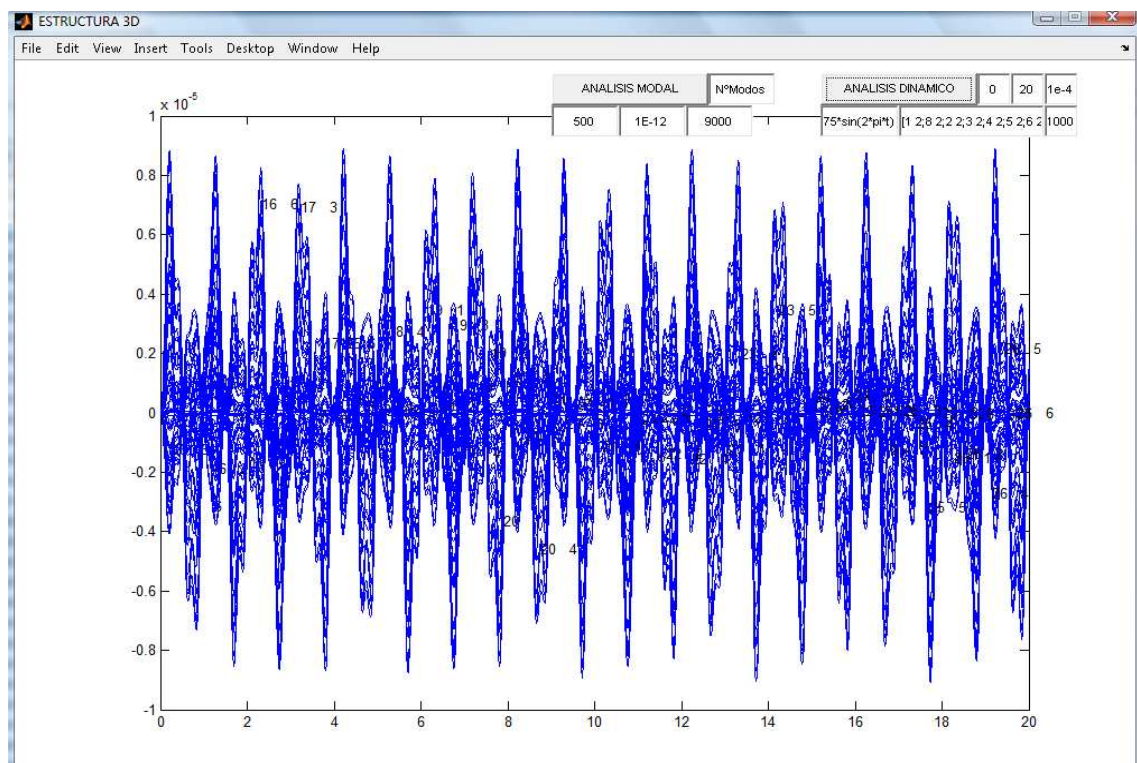
forma del movimiento	Frecuencias de pasos $f_s$ [Hz]	Factores de impulso $s$ [-]
caminar	$2.0 \div 3.4$	$0.25 \div 0.5$
correr	$2.0 \div 3.4$ (4.0)	$0.6 \div 1.6$
saltar	$1.4 \div 2.5$	$1.7 \div 3.2$

En el caso que una o varias frecuencias propias de un puente peatonal cae dentro del rango crítico de la frecuencia de pasos, se recomienda un análisis numérico de la respuesta dinámica debido a cargas de peatones para su diseño. Para la aplicación práctica es más conveniente transformar la ecuación anterior en series de Fourier:

$$F(t) = G \cdot \left\{ 1 + \sum_{(i)} a_i \cdot \cos(i \cdot 2\pi f_s \cdot t - \varphi_i) \right\},$$

Donde el peso propio  $G$  del peatón se puede asumir igual a 800 N.

Los resultados de los modos propios (Hz) son los siguientes:

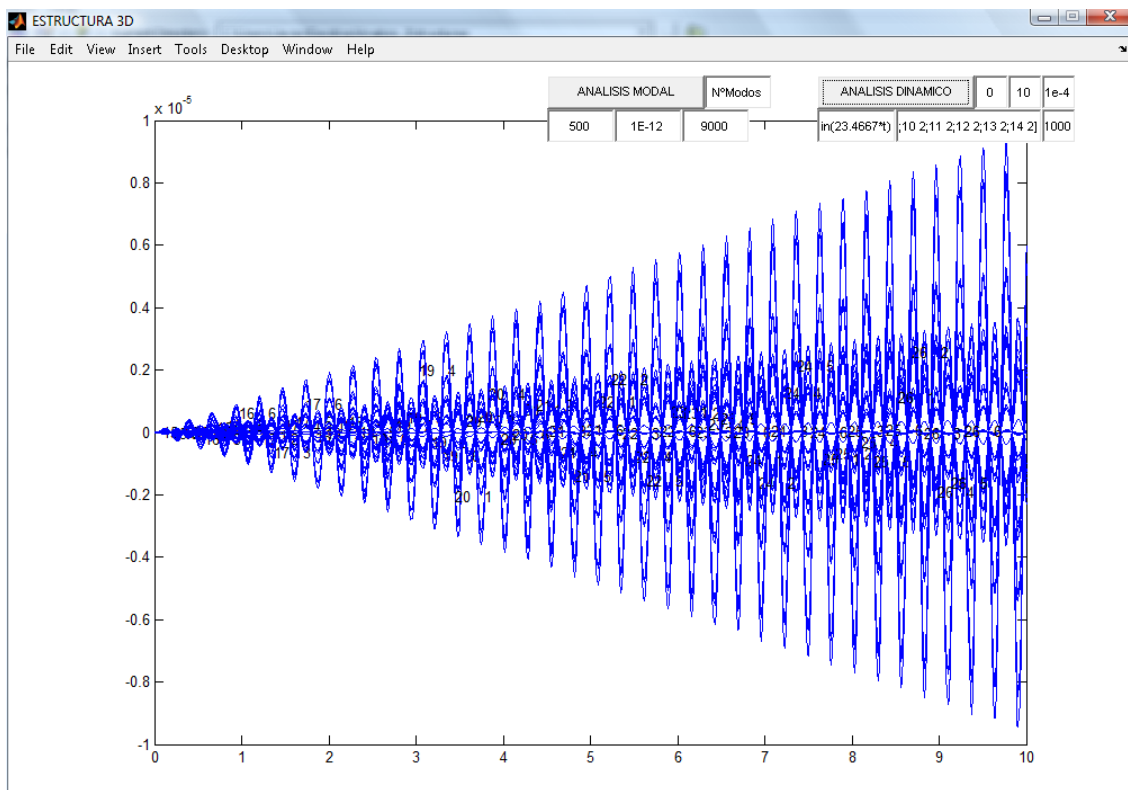




En esta imagen que nos saca Matlab vemos los diferentes desplazamientos (mm) que se producen en los distintos nudos de la estructura.

### 2.3.2.1 Ejemplo 2

En este otro ejemplo he simulado como si un conjunto de personas caminaran por el puente a frecuencia propia de la pasarela. El resultado es que el puente se desestabiliza y acabaría derrumbándose ya que como vemos el desplazamiento de los nudos de la estructura va aumentando progresivamente y tendiendo a infinito.



Este problema se ha dado varias veces en el ejército cuando un conjunto de soldados pasan con una frecuencia propia por un puente y éste acaba derrumbándose, por lo que ahora lo que se hace es romper el paso al pasar por el puente.

**Pamplona, Septiembre 2012**

**Javier Mauleón Medrano**





# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO INDUSTRIAL

Título del proyecto:

ESTUDIO ESTRUCTURAL DE UNA PASARELA PEATONAL  
SOBRE EL RIO CIDACOS A SU PASO POR CALAHORRA

## DOCUMENTO Nº3: PLANOS

Alumno: Javier Mauleón Medrano

Tutor: Faustino Gimena Ramos

Pamplona, a 6 de Septiembre de 2012

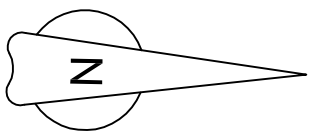
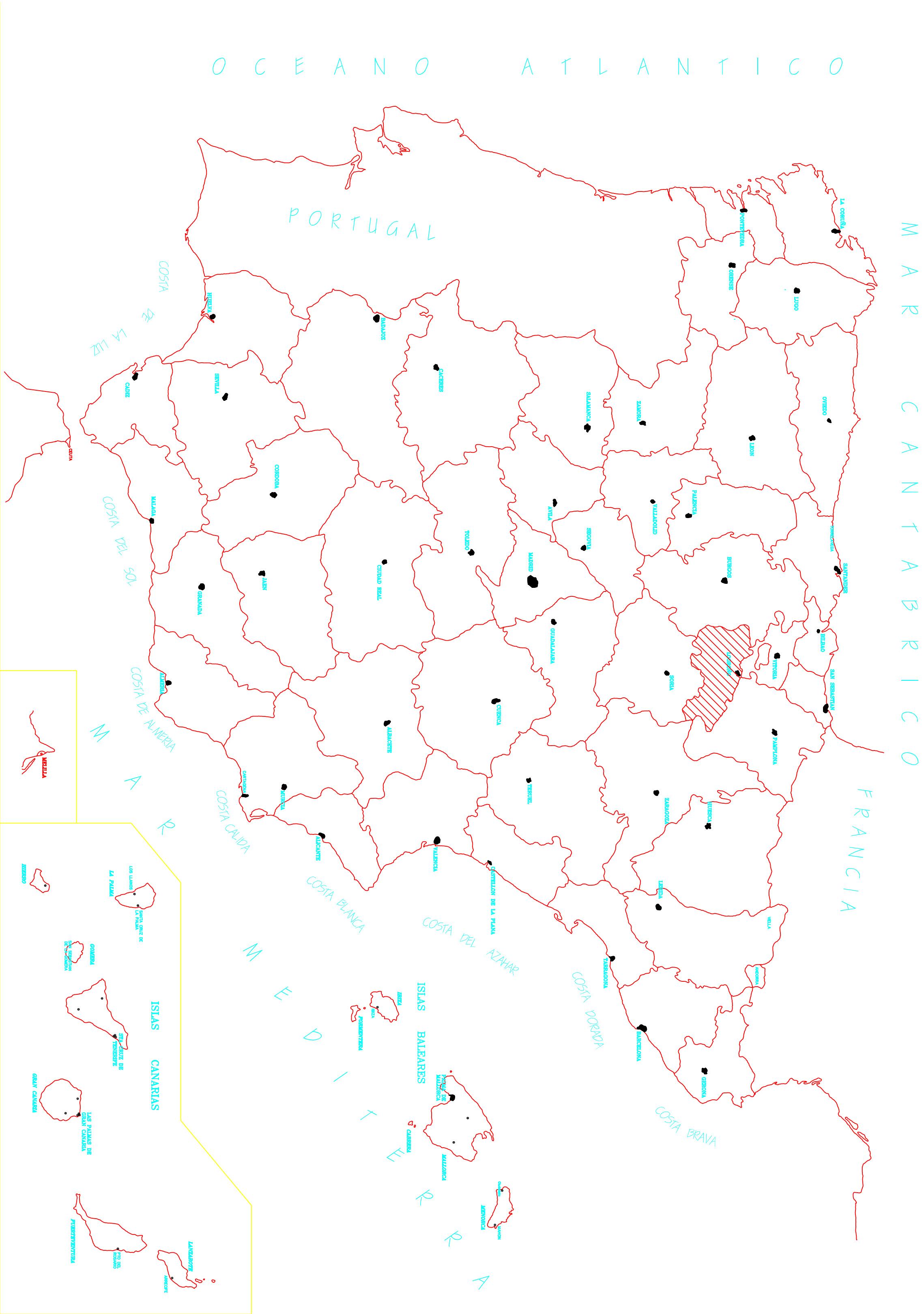




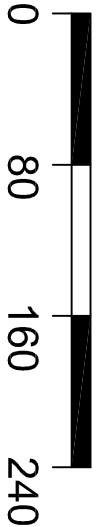
### 3. PLANOS:

#### ÍNDICE:

3.1 Situación de la Pasarela Peatonal (España) .....	DIN A2
3.2 Situación de la Pasarela Peatonal (La Rioja) .....	DIN A3
3.3 Plano General Pasarela (Calahorra) .....	DIN A3
3.4 Vistas Generales .....	DIN A3
3.5 Estructura Nudos .....	DIN A2
3.6 Apoyo 1 .....	DIN A3
3.7 Apoyo 2 .....	DIN A3
3.8 Cimentaciones.....	DIN A3
3.9 Sección Estructura .....	DIN A3



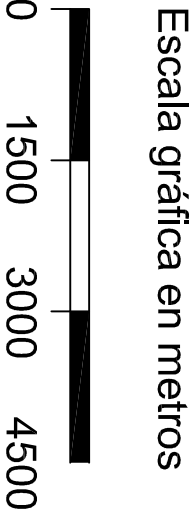
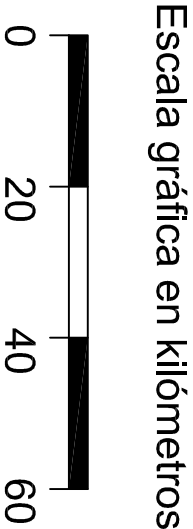
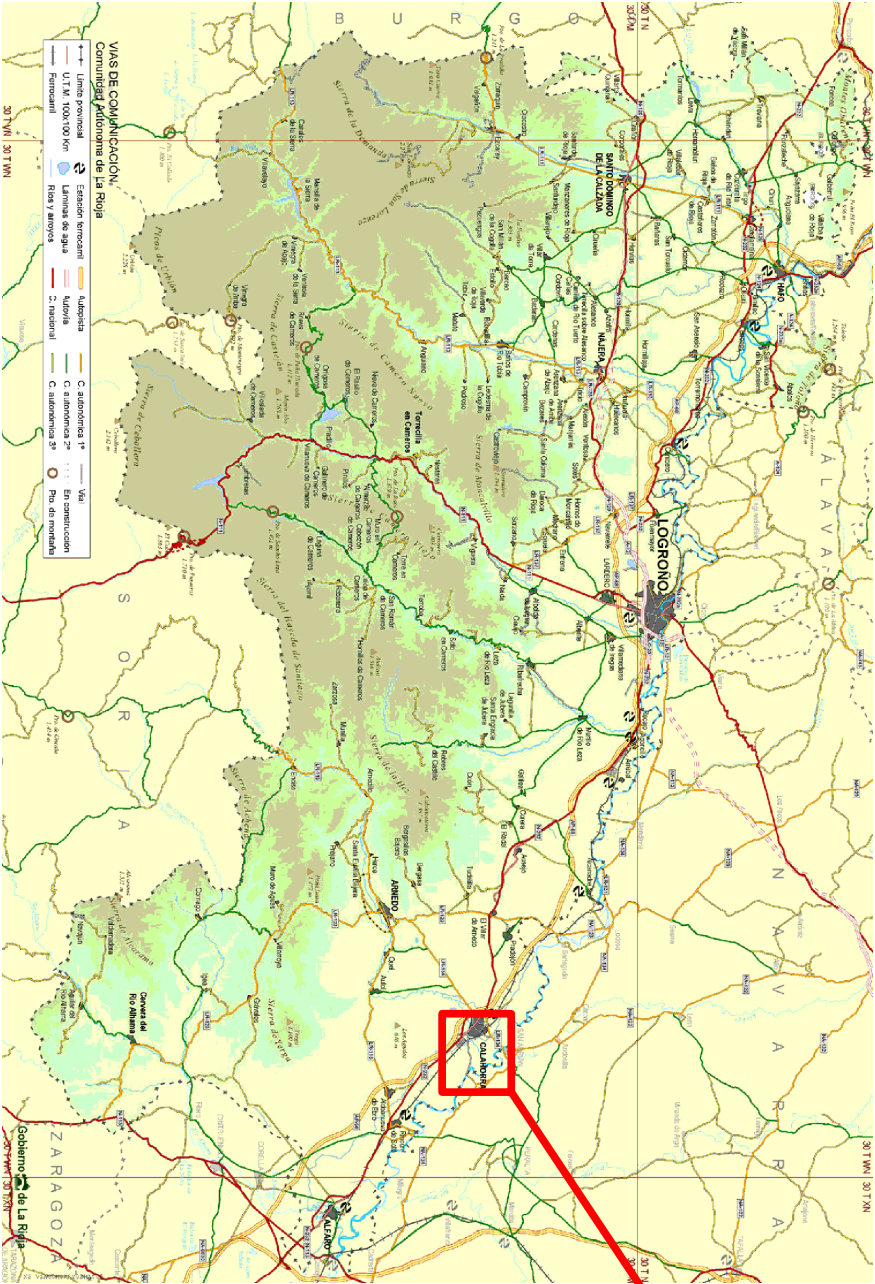
Escala gráfica en kilómetros




	Capitales de Provincias
	Situación de la Pasarela

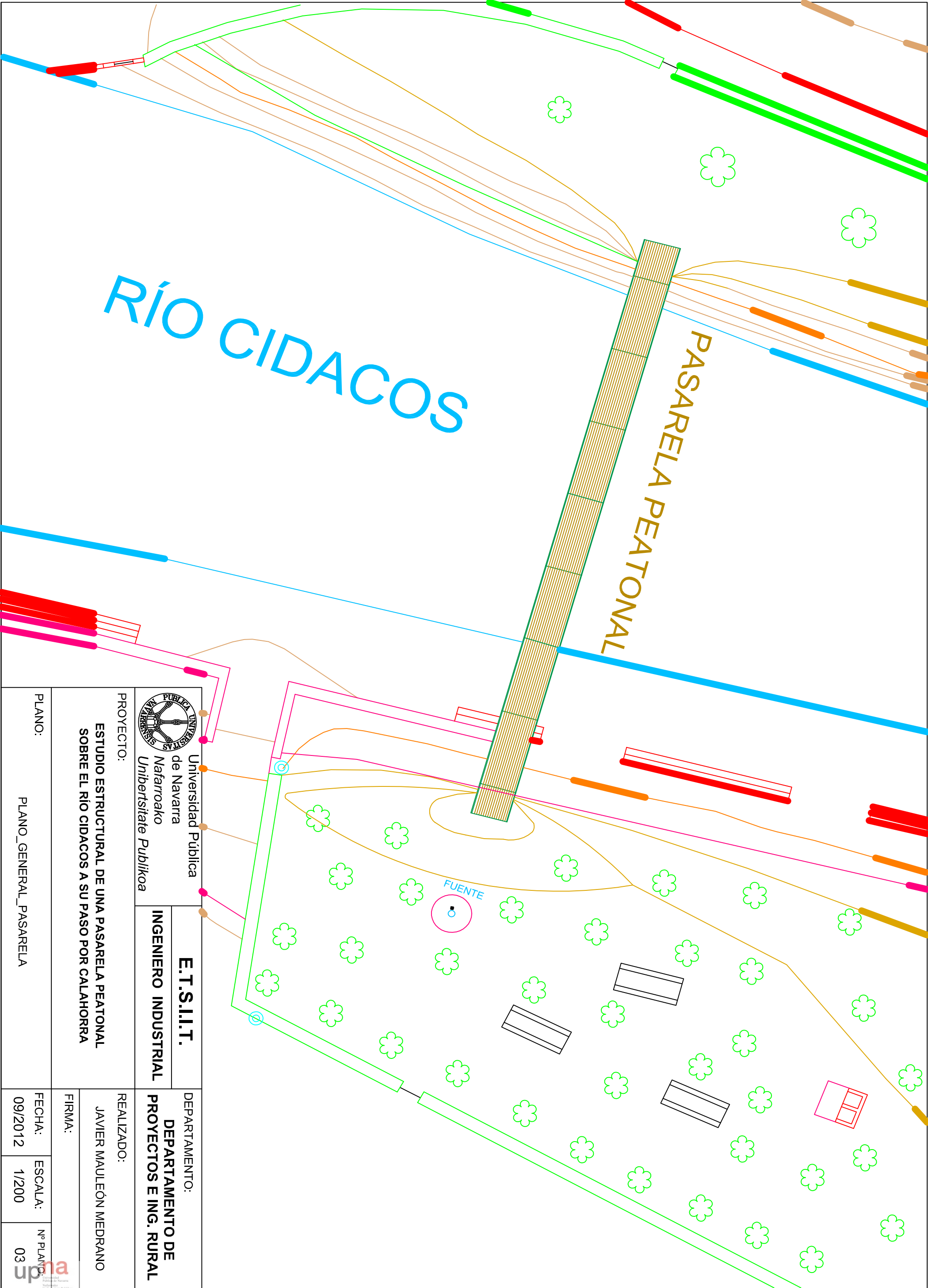
		<b>E.T.S.I.I.T.</b>		DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL	
Universidad Pública de Navarra		INGENIERO INDUSTRIAL		REALIZADO: JAVIER MAULLEON MEDRANO	
Unibertsitate Publikoa		ESTUDIO ESTRUCTURAL DE UNA PASARELA PEATONAL SOBRE EL RÍO CIDACOS A SU PASO POR CALAHORRA		FIRMA:	
PROYECTO:		FECHA: 09/2012		ESCALA: 1/400.000	
PLANO:		SITUACIÓN DE LA PASARELA PEATONAL (ESPAÑA)		Nº PLANO: 01	





 <div>Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa</div>		<b>E.T.S.I.I.T.</b>		DEPARTAMENTO: <b>DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL</b>	
PROYECTO: <b>ESTUDIO ESTRUCTURAL DE UNA PASARELA PEATONAL SOBRE EL RÍO CIDACOS A SU PASO POR CALAHORRA</b>		INGENIERO INDUSTRIAL		REALIZADO: <b>JAVIER MAULEÓN MEDRANO</b>	
PLANO: <b>SITUACION_DE_LA_PASARELA_PEATONAL_(LA_RIOJA)</b>		FIRMA:		FECHA: <b>09/2012</b>	
				ESCALA: <b>1/100.000</b>	
				Nº PLANO: <b>02</b>	




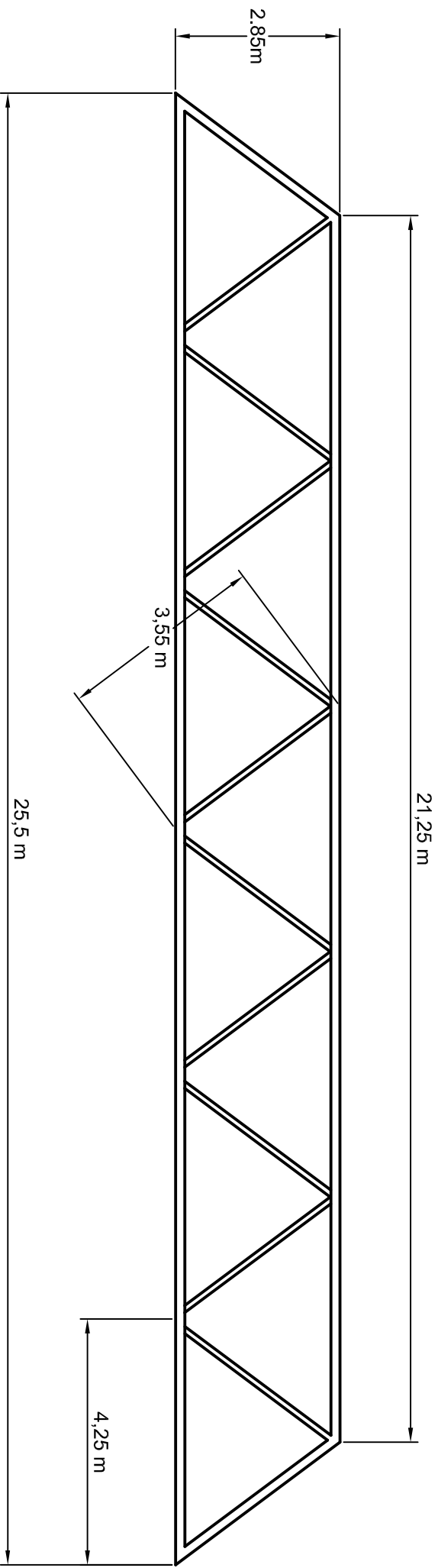


RÍO CIDACOS

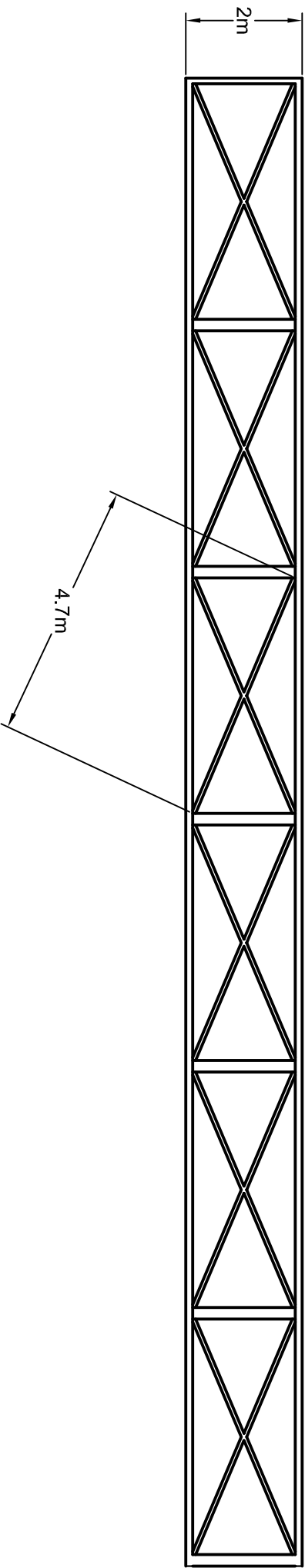
PASARELA PEATONAL

FUENTE

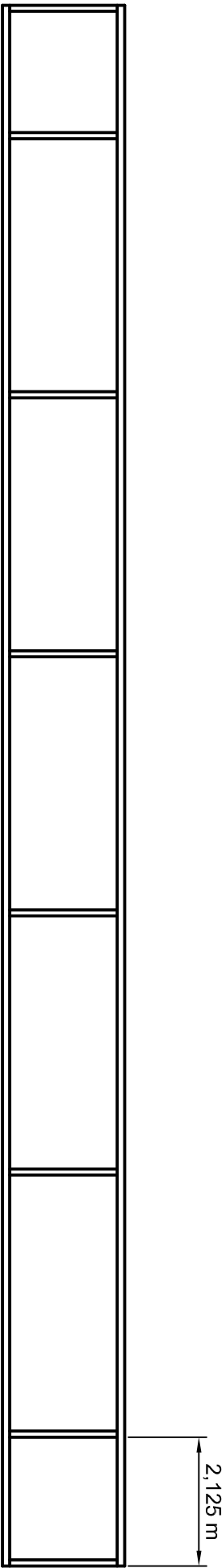
 <div>Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa</div>		<div>E.T.S.I.I.T.</div> <div>DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL</div>	
PROYECTO: ESTUDIO ESTRUCTURAL DE UNA PASARELA PEATONAL SOBRE EL RÍO CIDACOS A SU PASO POR CALAHORRA		REALIZADO: JAVIER MAULEÓN MEDRANO	
PLANO: PLANO_GENERAL_PASARELA		FIRMA:	
FECHA: 09/2012		ESCALA: 1/200	Nº PLANO: 03




ALZADO

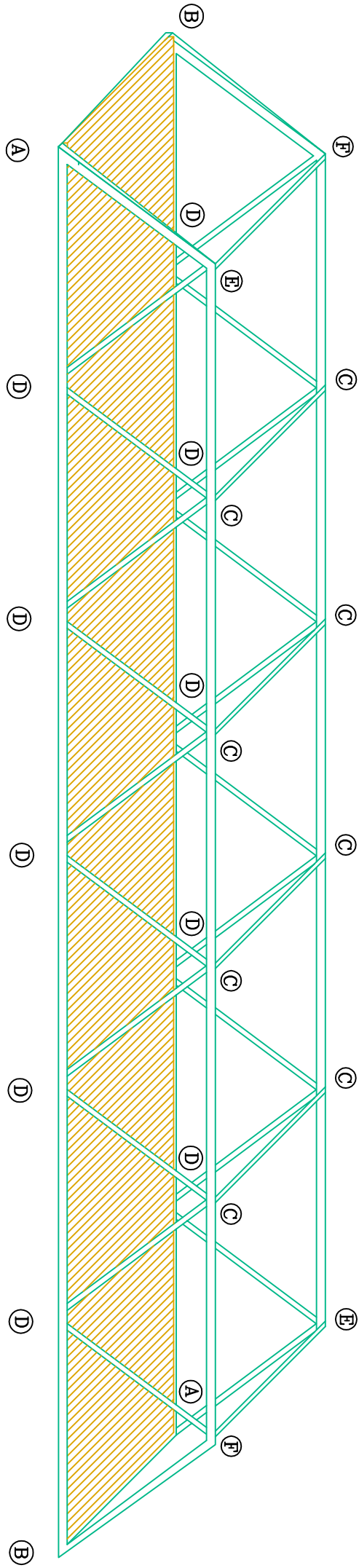


PLANTA ABAJO

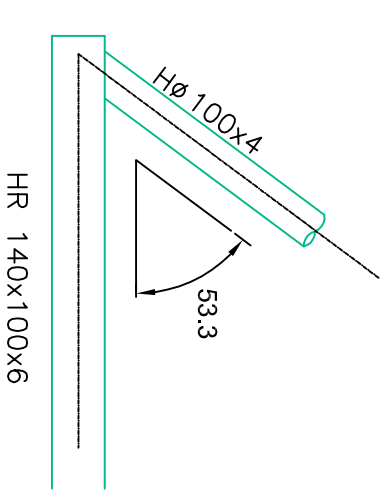


PLANTA ARRIBA

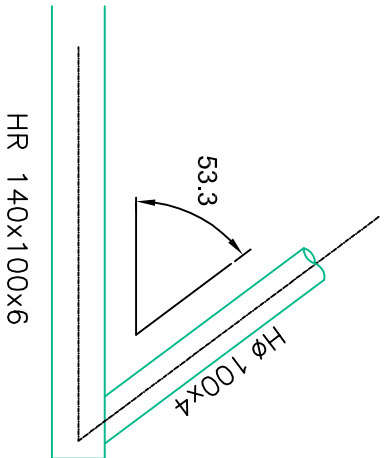
<div><div></div><div>Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa</div></div>		<div><div>E.T.S.I.I.T.</div><div>INGENIERO INDUSTRIAL</div></div>		<div>DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL</div>	
<div>PROYECTO: ESTUDIO ESTRUCTURAL DE UNA PASARELA PEATONAL SOBRE EL RÍO CIDACOS A SU PASO POR CALAHORRA</div>		<div>REALIZADO: JAVIER MAULEÓN MEDRANO</div>		<div>FIRMA:</div>	
<div>PLANO: VISTAS_GENERALES_ESTRUCTURA</div>		<div>FECHA: 09/2012</div>	<div>ESCALA: 1/100</div>	<div>Nº PLANO: 04</div>	



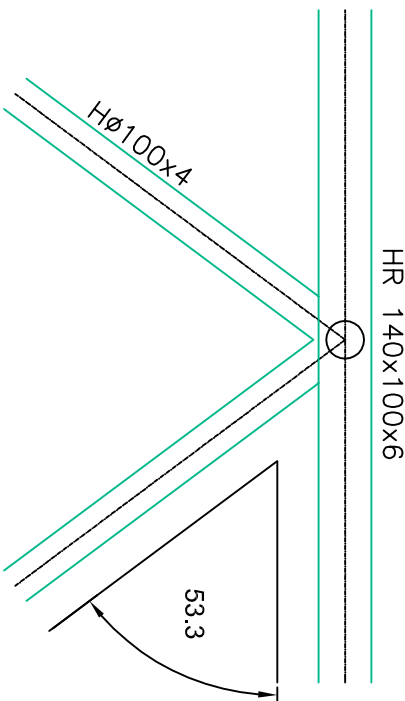
NUDO A



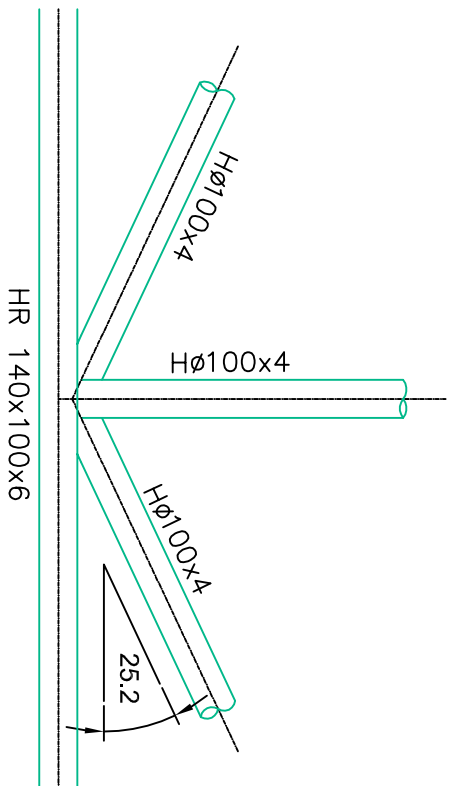
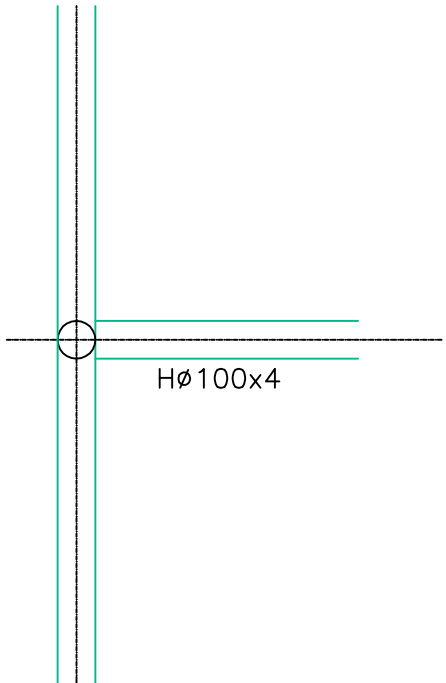
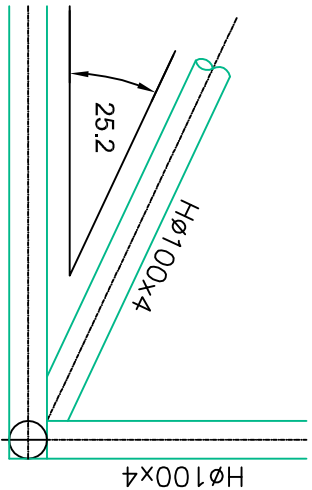
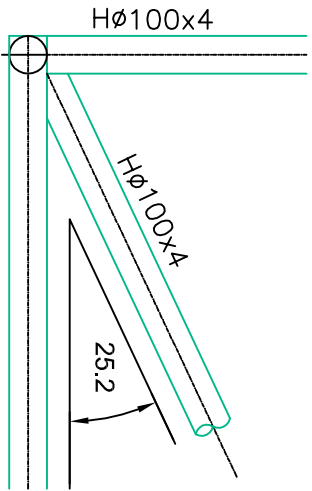
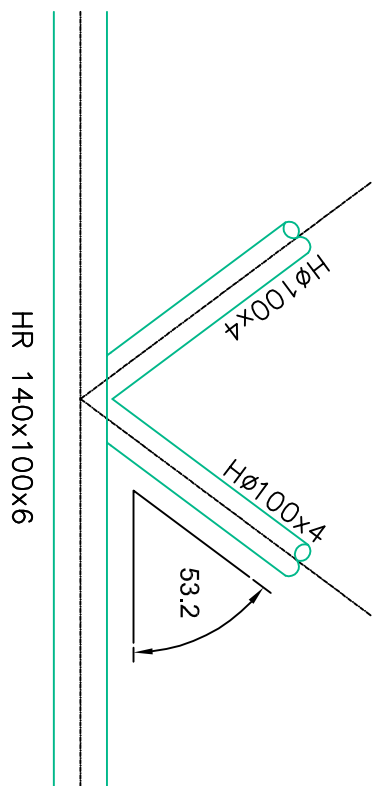
NUDO B



NUDO C



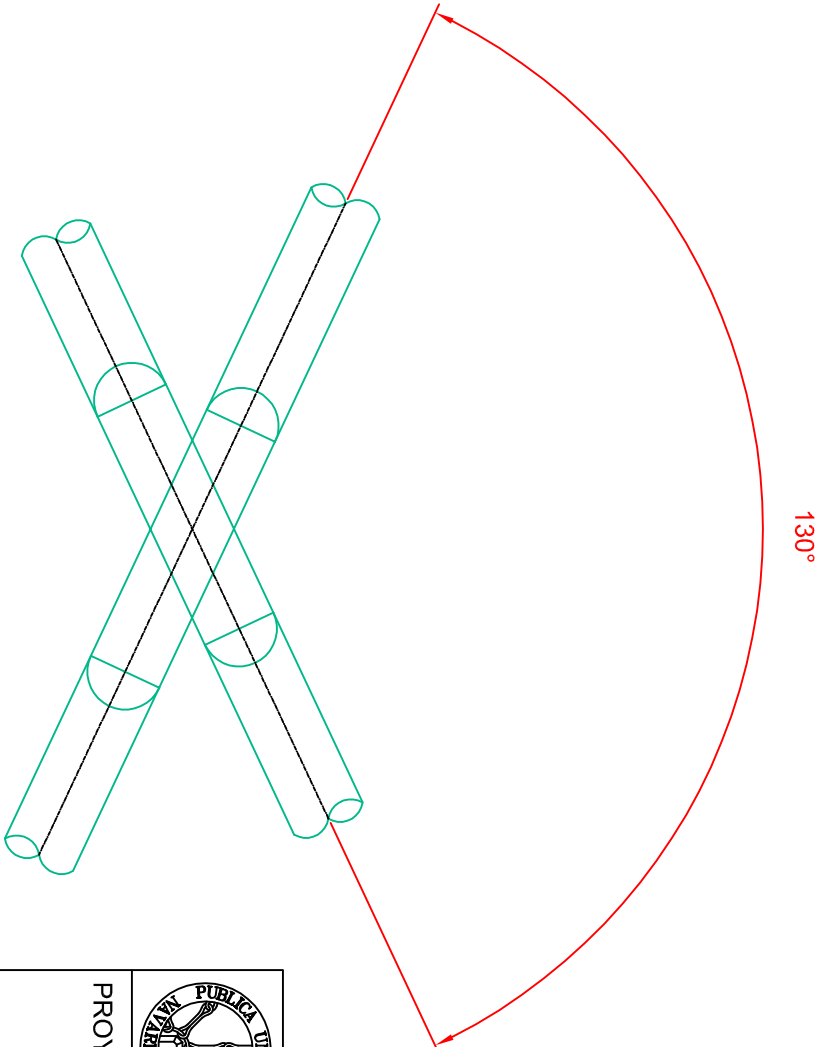
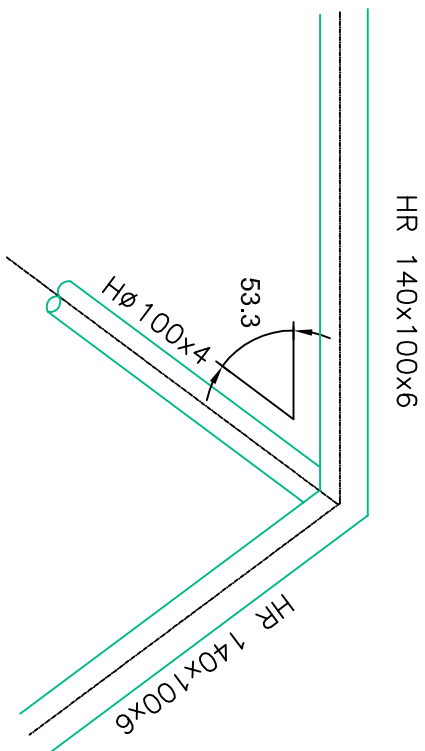
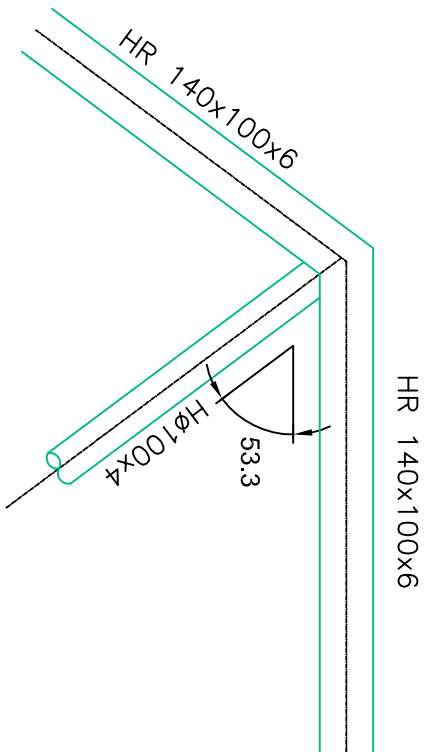
NUDO D



NUDO E


NUDO F

NUDO G



NOTA :

El nudo G pertenece a las diagonales inferiores

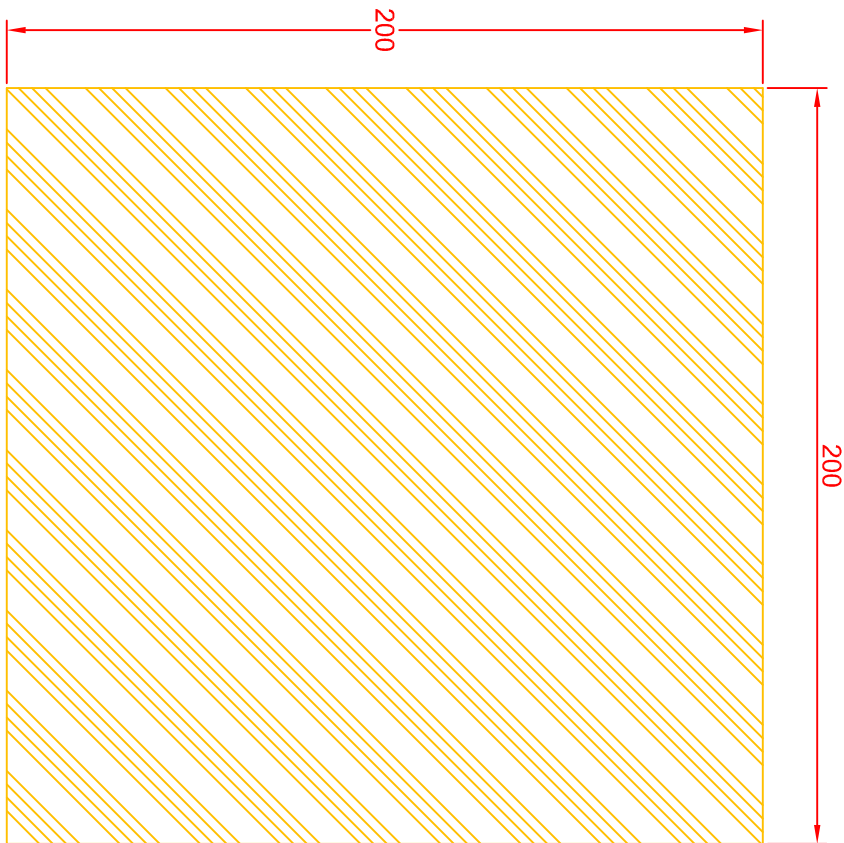
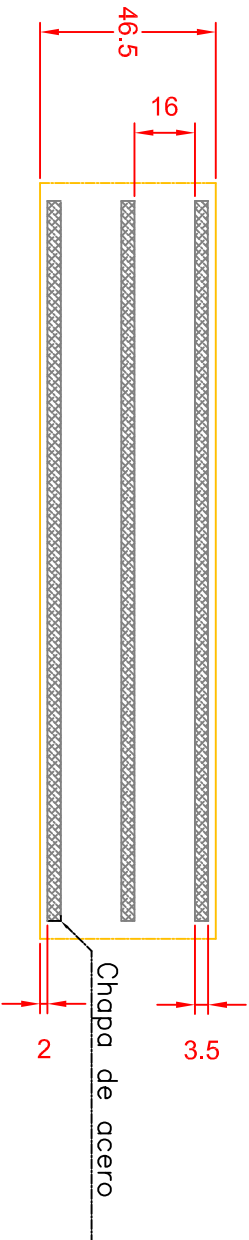
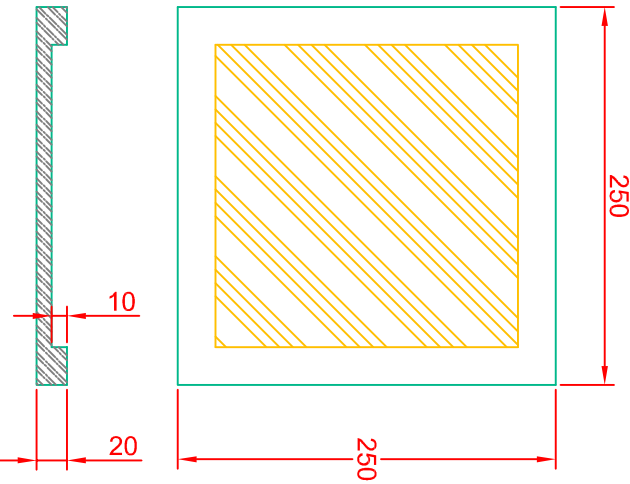
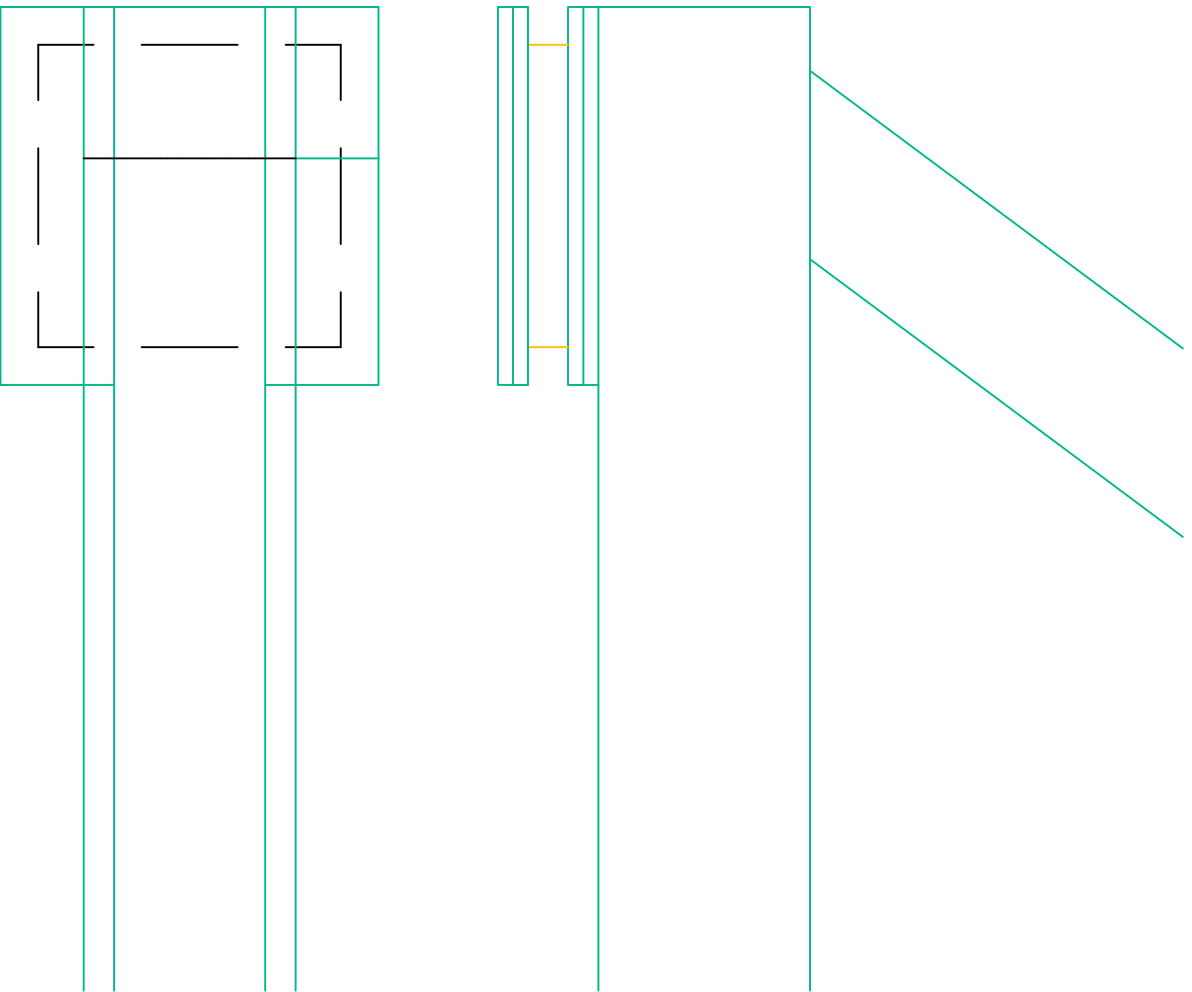
	Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T. INGENIERO INDUSTRIAL	DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL


PROYECTO: ESTUDIO ESTRUCTURAL DE UNA PASARELA PEATONAL SOBRE EL RÍO CIDACOS A SU PASO POR CALAHORRA

REALIZADO: JAVIER MAULEON MEDRANO

FIRMA:

PLANO:	ESTRUCTURA_NUDOS	FECHA:	09/2012	ESCALA:	1/100	Nº PLANO:	05
--------	------------------	--------	---------	---------	-------	-----------	----



 <div>Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa</div>		<b>E.T.S.I.I.T.</b>		DEPARTAMENTO: <b>DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL</b>	
PROYECTO: <b>ESTUDIO ESTRUCTURAL DE UNA PASARELA PEATONAL SOBRE EL RÍO CIDACOS A SU PASO POR CALAHORRA</b>		INGENIERO INDUSTRIAL		REALIZADO: JAVIER MAULEÓN MEDRANO	
PLANO: APOYO_1		FECHA: 09/2012		ESCALA: 1/20	
		FIRMA:		Nº PLANO: 06	





ME 20x20    16-10 B 400 S 1,8x2,8

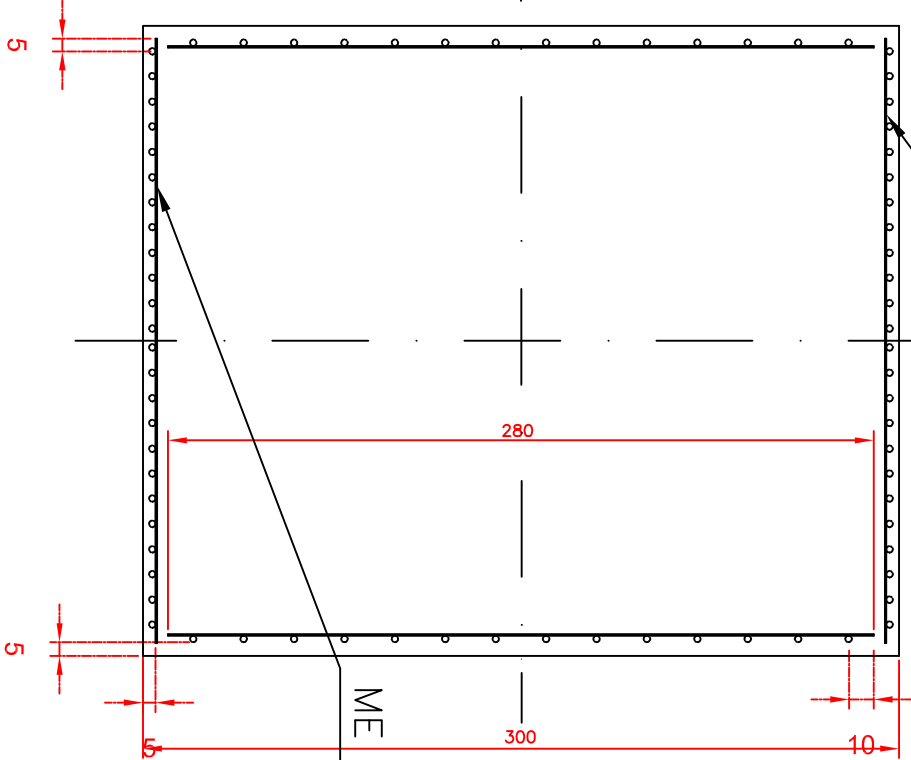
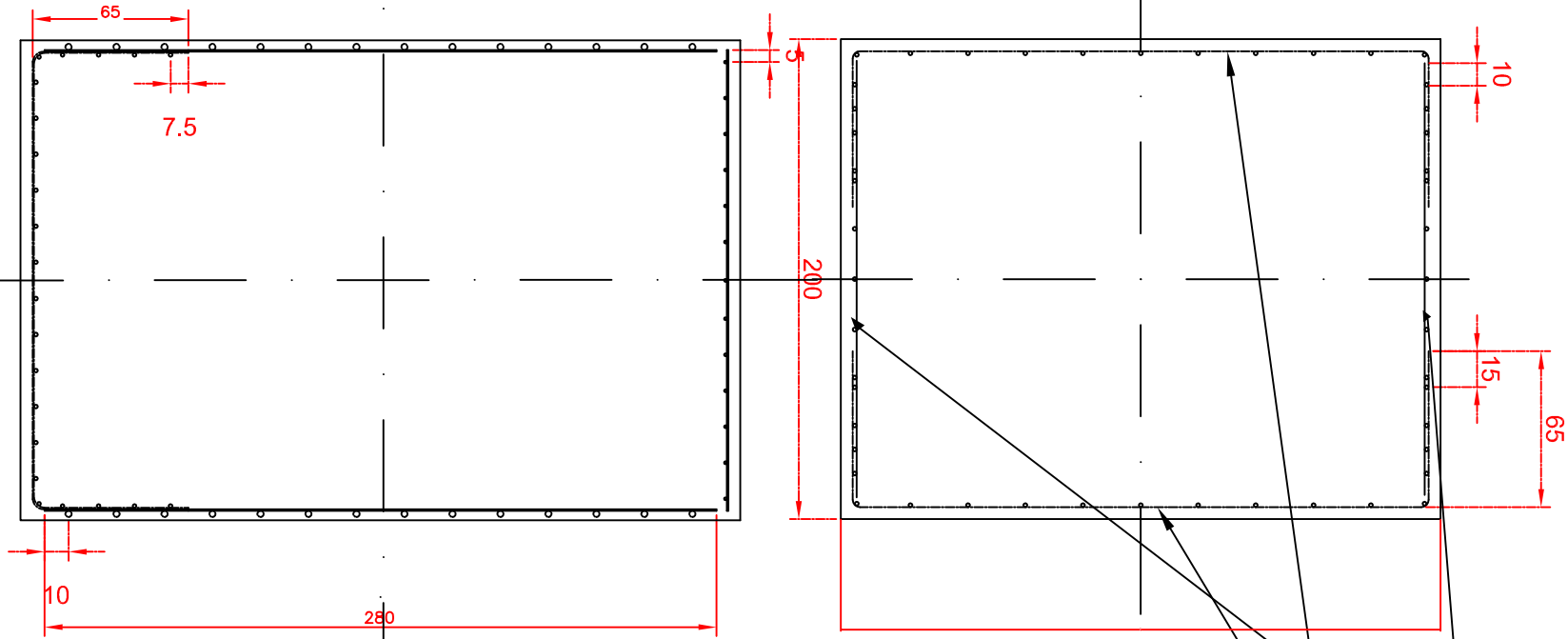
ME 24x20    16-10 B 400 S 3.7x2.8

ME 10x15 Ø 20-14 B 400 S 2,4x1,9


ME 10x15 Ø 20-14 B 400 S 2,4x2,7

ALZADO

PLANTA



Dimensiones en centímetros

<div><div></div><div>Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa</div></div>		<div><div>E.T.S.I.I.T.</div><div>INGENIERO INDUSTRIAL</div></div>		<div><div>DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL</div></div>	
<div>PROYECTO: ESTUDIO ESTRUCTURAL DE UNA PASARELA PEATONAL SOBRE EL RÍO CIDACOS A SU PASO POR CALAHORRA</div>		<div>REALIZADO: JAVIER MAULEÓN MEDRANO</div>		<div>FIRMA:</div>	
<div>PLANO: CIMENTACIONES</div>		<div>FECHA: 09/2012</div>	<div>ESCALA: 1/50</div>	<div>Nº PLANO: 08</div>	





# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO INDUSTRIAL

Título del proyecto:

ESTUDIO ESTRUCTURAL DE UNA PASARELA PEATONAL  
SOBRE EL RIO CIDACOS A SU PASO POR CALAHORRA

## DOCUMENTO N°4: PLIEGO DE CONDICIONES

Alumno: Javier Mauleón Medrano

Tutor: Faustino Gimena Ramos

Pamplona, a 6 de Septiembre de 2012



## 4. PLIEGO DE CONDICIONES:

### ÍNDICE:

#### **A - PLIEGO DE CLAUSULAS ADMINISTRATIVAS. PLIEGO GENERAL**

<b>4.1 DISPOSICIONES GENERALES .....</b>	<b>4</b>
4.1.1 NATURALEZA Y OBJETO DEL PLIEGO DE CONDICIONES .....	4
4.1.1 DOCUMENTACIÓN DEL CONTRATO DE OBRA .....	4
<b>4.2 DISPOSICIONES FACULTATIVAS .....</b>	<b>5</b>
4.2.1 DELIMITACIÓN GENERAL DE FUNCIONES TÉCNICAS .....	5
4.2.1.1 El Ingeniero Director .....	5
4.2.1.2 El Constructor .....	5
4.2.2 OBLIGACIONES Y DERECHOS GENERALES DEL CONSTRUCTOR O CONTRATISTA .....	6
4.2.2.1 Verificación de los documentos del proyecto .....	6
4.2.2.2 Plan de seguridad y salud .....	6
4.2.2.3 Oficina en la obra .....	6
4.2.2.4 Representación del contratista .....	7
4.2.3 PRESCRIPCIONES GENERALES RELATIVAS A TRABAJOS, MATERIALES Y MEDIOS AUXILIARES .....	7
4.2.3.1 Caminos y accesos .....	7
4.2.3.2 Comienzo de la obra, ritmo de ejecución de los trabajos .....	7
4.2.3.3 Orden de los trabajos .....	8
4.2.3.4 Facilidades para otros contratistas .....	8
4.2.3.5 Prórroga por causas de fuerza mayor .....	8
4.2.3.6 Responsabilidad de la dirección facultativa en el retraso de la obra .....	8
4.2.3.7 Materiales no utilizables .....	8
4.2.3.8 Materiales y aparatos defectuosos .....	9
4.2.3.9 Desperfectos en propiedades colindantes .....	9
4.2.4 RECEPCIONES DE EDIFICIOS Y OBRAS AJENAS .....	9
4.2.4.1 Recepción provisional .....	9
4.2.4.2 Recepción definitiva .....	10
4.2.4.3 Plazo de garantía .....	10
4.2.4.4 Pruebas para la recepción .....	10
<b>4.3 CONDICIONES ECONÓMICAS .....</b>	<b>12</b>
4.3.1 PRINCIPIO GENERAL .....	12
4.3.2 DE LOS PRECIOS .....	12
4.3.2.1 Composición de los precios unitarios .....	12
4.3.2.2 Precios contradictorios .....	13
4.3.2.3 Reclamaciones de aumento de precios por causas diversas .....	13
4.3.2.4 Formas tradicionales de medir o aplicar los precios .....	14
4.3.2.5 Gastos ocasionados por pruebas y ensayos .....	14
4.3.3 VALORACIÓN Y ABONO DE LOS TRABAJOS .....	14
4.3.3.1 Forma de abono de las obras .....	14



4.3.3.2 Abono de trabajos presupuestados con partida alzada .....	14
4.3.4 VARIOS .....	15
4.3.4.1 Seguro de obras .....	15
4.3.4.2 Seguro de responsabilidad civil .....	15
4.3.5 CARGOS AL CONTRATISTA .....	15
4.3.5.1 Autorización y licencias .....	15
4.3.5.2 Conservación durante el plazo de garantía .....	16
4.3.5.3 Normas de aplicación .....	16

## **B.-PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS PARTICULARES. PLIEGO**

### **PARTICULAR**

<b>4.4 CONDICIONES GENERALES.....</b>	<b>17</b>
4.4.1 CALIDAD DE LOS MATERIALES .....	17
4.4.2 PRUEBAS Y ENSAYOS DE MATERIALES .....	17
4.4.3 MATERIALES NO CONSIGNADOS EN PROYECTO .....	17
4.4.4 CONDICIONES GENERALES DE EJECUCIÓN .....	17
<b>4.5 CONDICIONES GENERALES.....</b>	<b>18</b>
4.5.1 MATERIALES PARA HORMIGONES Y MORTEROS .....	18
4.5.1.1 Áridos .....	18
4.5.1.2 Agua para amasado.....	18
4.5.1.3 Aditivos .....	19
4.5.1.4 Cemento.....	19
4.5.2 ACERO.....	20
4.5.2.1 Acero de alta adherencia en redondos para armadura .....	20
4.5.2.2 Acero laminado.....	20
4.5.3 MATERIALES AUXILIARES DE HORMIGONES .....	20
4.5.3.1 Productos para curado de hormigones.....	20
4.5.3.2 Desencofrantes.....	21
4.5.4 ENCOFRADOS Y CIMBRAS .....	21
4.5.4.1 Encofrados en muros .....	21
4.5.4.2 Encofrado de pilares, vigas y arcos .....	21
4.5.5 AGLOMERANTES EXCLUIDO CEMENTO .....	21
4.5.5.1 Cal hidráulica.....	21
4.5.5.2 Yeso negro .....	22
4.5.6 MATERIALES DE CUBIERTA .....	22
4.5.7 CARPINTERÍA METÁLICA .....	23
4.5.7.1 Ventanas y puertas.....	23
4.5.8 PINTURA PLÁSTICA.....	23
4.5.9 FONTANERÍA.....	24
4.5.9.1 Bajantes .....	24
<b>4.6 PRESCRIPCIONES EN CUANTO A EJECUCIÓN POR UDS. DE OBRA.....</b>	<b>25</b>
4.6.1 MOVIMIENTO DE TIERRAS .....	25
4.6.1.1 Explanación y préstamos .....	25



4.6.1.2 Excavación en zanjas y pozos .....	26
4.6.1.3 Preparación de cimentaciones .....	27
4.6.2 HORMIGONES .....	28
4.6.2.1 Dosificación de hormigones .....	28
4.6.2.2 Fabricación de hormigones.....	29
4.6.2.3 Mezcla en obra.....	29
4.6.2.4 Transporte de hormigón .....	29
4.6.2.5 Puesta en obra del hormigón .....	30
4.6.2.6 Compactación del hormigón.....	30
4.6.2.7 Curado del hormigón .....	30
4.6.2.8 Juntas en el hormigonado .....	31
4.6.2.9 Limitaciones de ejecución .....	31
4.6.3 MORTEROS .....	32
4.6.3.1 Dosificación de morteros.....	32
4.6.3.2 Fabricación de morteros .....	32
4.6.4 ENCOFRADOS .....	33
4.6.4.1 Construcción y montaje .....	33
4.6.4.2 Desencofrado y descimbrado del hormigón .....	33
4.6.4.3 Medición y abono .....	34
4.6.5 ARMADURAS Y ACERO .....	34
4.6.5.1 Colocación, recubrimiento y empalme de armaduras .....	34
4.6.5.1 Soldadura .....	34
4.6.5.2 Tornillería .....	35
4.6.5.3 Medición y abono .....	35
4.6.6 ALBAÑILERÍA .....	36
4.6.6.1 Enlucido de yeso.....	36
4.6.6.2 Enfoscados de cemento .....	36
4.6.7 CUBIERTAS Y AZOTEAS.....	37
4.6.8 SOLADOS.....	38
4.6.9 INSTALACIONES AUXILIARES Y CONTROL DE OBRA .....	38
4.6.9.1 Instalaciones auxiliares y precauciones a tomar durante la construcción	38
4.6.9.2 Control de la obra .....	39



## **- PLIEGO DE CONIDCIONES DE LA EDIFICACIÓN**

### **A - PLIEGO DE CLAUSULAS ADMINISTRATIVAS. PLIEGO GENERAL**

#### **4.1\_ DISPOSICIONES GENERALES**

##### **4.1.1 NATURALEZA Y OBJETO DEL PLIEGO EN GENERAL**

El presente Pliego General de Condiciones y el Pliego de Condiciones particulares del Proyecto, como partes del proyecto de construcción, tienen por finalidad regular la ejecución de las obras fijando los niveles técnicos y de calidad exigibles, precisando las intervenciones que corresponden, según el contrato y con arreglo a la legislación aplicable, al Promotor o dueño de la obra, al Contratista o constructor de la misma, sus técnicos y encargados, al Ingeniero Industrial y a los laboratorios y entidades de Control de Calidad, así como las relaciones entre todos ellos y sus correspondientes obligaciones en orden al cumplimiento del contrato de obra.

##### **4.1.2 DOCUMENTACIÓN DEL CONTRATO DE OBRA**

Integran el contrato los siguientes documentos relacionados por orden de prelación en cuanto al valor de sus especificaciones en caso de omisión o aparente contradicción:

- 1º. El Contrato de ejecución de la obra.
- 2º. El Pliego de Cláusulas Administrativas
- 3º. El presente Pliego de Prescripciones Técnicas.
- 4º. El resto de la documentación de Proyecto (presupuesto, planos, mediciones y memoria).

Las órdenes e instrucciones de la Dirección facultativa de las obras se incorporan al Proyecto como interpretación, complemento o precisión de sus determinaciones.

En cada documento, las especificaciones literales prevalecen sobre las gráficas y en los planos, la cota prevalece sobre la medida a escala.



## **4.2\_ DISPOSICIONES FACULTATIVAS**

### **4.2.1 DELIMITACION GENERAL DE FUNCIONES TECNICAS**

#### **4.2.1.1 El Ingeniero Director**

Corresponde al INGENIERO DIRECTOR:

- a. Comprobar la adecuación de la cimentación proyectada a las características reales del suelo.
- b. Redactar los complementos o rectificaciones del proyecto que se precisen.
- c. Asistir a las obras, cuantas veces lo requiera su naturaleza y complejidad, a fin de resolver las contingencias que se produzcan e impartir las instrucciones complementarias que sean precisas para conseguir la correcta solución arquitectónica.
- d. Coordinar la intervención en obra de otros técnicos que, en su caso, concurran a la dirección con función propia en aspectos parciales de su especialidad.
- e. Aprobar las certificaciones parciales de obra, la liquidación final y asesorar al promotor en el acto de la recepción.
- f. Preparar la documentación final de la obra y expedir y suscribir en unión del Ingeniero Industrial , el certificado final de la misma.

#### **4.2.1.2 El Constructor**

Corresponde al Constructor:

- a. Organizar los trabajos de construcción, redactando los planes de obra que se precisen y proyectando o autorizando las instalaciones provisionales y medios auxiliares de la obra.
- b. Elaborar, cuando se requiera, el Plan de Seguridad de la obra en aplicación del estudio correspondiente y disponer en todo caso la ejecución de las medidas preventivas, velando por su cumplimiento y por la observancia de la normativa vigente en materia de seguridad e higiene en el trabajo.
- c. Suscribir con el Ingeniero Industrial, el acta de replanteo de la obra.
- d. Ostentar la jefatura de todo el personal que intervenga en la obra y coordinar las intervenciones de los subcontratistas.
- e. Asegurar la idoneidad de todos y cada uno de los materiales y elementos constructivos que se utilicen, comprobando los preparados en obra y rechazan, por iniciativa propia prescripción del Ingeniero Industrial, los suministros o prefabricados que





no cuenten con las garantías o documentos de idoneidad requeridos por las normas de aplicación.

f. Custodiar el Libro de órdenes y seguimiento de la obra, y dar el enterado a las anotaciones que se practiquen en el mismo.

g. Facilitar al Ingeniero Industrial, con antelación suficiente, los materiales precisos para el cumplimiento de su cometido.

h. Preparar las certificaciones parciales de obra y la propuesta de liquidación final.

i. Suscribir con el Promotor las actas de recepción provisional y definitiva.

j. Concertar los seguros de accidentes de trabajo y de daños a terceros durante la obra.

#### **4.2.2 OBLIGACIONES Y DERECHOS GENERALES DEL CONSTRUCTOR O CONTRATISTA.**

##### **4.2.2.1 Verificación de los documentos del proyecto**

Antes de dar comienzo a las obras, el Constructor consignará por escrito que la documentación aportada le resulta suficiente para la comprensión de la totalidad de la obra contratada o, en caso contrario, solicitará las aclaraciones pertinentes.

##### **4.2.2.2 Plan de seguridad y salud**

El Constructor, a la vista del Proyecto de Ejecución y del Estudio de Seguridad e Higiene, presentará el Plan de Seguridad e Higiene de la obra al Ingeniero Industrial responsable del seguimiento y control del Plan de Seguridad, quien lo informará y propondrá, si procede, su aprobación por el órgano competente.

##### **4.2.2.3 Oficina en la obra**

El constructor habilitará en la obra una oficina en la que existirá una mesa o tablero adecuado, en el que puedan extenderse y consultarse los planos. En dicha oficina tendrá siempre el Contratista a disposición de la Dirección Facultativa.

- \* El Proyecto de Ejecución completo, incluidos los complementos que en su caso redacte el ingeniero.
- \* Plan o calendario valorado de las Obras.
- \* La Licencia de Obras.
- \* El Libro de Órdenes y Asistencias.
- \* El Plan de Seguridad e Higiene.



\* El Libro de incidencias.

\* La documentación de los seguros mencionados en el artículo 5º.

Dispondrá además el Constructor una oficina para la Dirección Facultativa, convenientemente acondicionada para que en ella se pueda trabajar con normalidad a cualquier hora de la jornada.

#### **4.2.2.4 Representación del contratista**

El constructor viene obligado a comunicar a la propiedad la persona designada como delegado suyo en la obra, que tendrá carácter de Jefe obra, con dedicación plena y con facultades para representarle y adoptar en todo momento cuantas decisiones competan a la contrata.

Serán sus funciones las del Constructor según se especifica en el artículo 5º.

El Jefe de Obra será un técnico titulado con experiencia suficiente, y además estará asistido por otro técnico titulado que asumirá las funciones de Técnico de Seguridad y Salud Laboral que corresponden al Contratista.

El incumplimiento de esta obligación o, en general, la falta de calificación suficiente por parte del personal según la naturaleza de los trabajos, facultará al ingeniero para ordenar la paralización de las obras, sin derecho a reclamación alguna, hasta que se subsane la deficiencia.

### **4.2.3 PRESCRIPCIONES GENERALES RELATIVAS A LOS TRABAJOS, A LOS MATERIALES Y A LOS MEDIOSAUXILIARES**

#### **4.2.3.1 Caminos y accesos**

El Constructor dispondrá por su cuenta los accesos a la obra y el cerramiento o vallado de ésta.

El Ingeniero Industrial podrá exigir su modificación o mejora.

#### **4.2.3.2 Comienzo de la obra, ritmo de ejecución de los trabajos**

El Constructor dará comienzo a las obras en el plazo marcado en el Contrato de ejecución de la obra, desarrollándolas en la forma necesaria para que dentro de los períodos parciales en aquél señalados queden ejecutados los trabajos correspondientes y, en consecuencia, la ejecución total se lleve a efecto dentro del plazo exigido en el Contrato.

Obligatoriamente y por escrito, deberá el Contratista dar cuenta al ingeniero industrial del comienzo de los trabajos al menos con tres días de antelación.



#### **4.2.3.3 Orden de los trabajos**

En general, la determinación del orden de los trabajos es facultad de la contrata, salvo aquellos casos en que, por circunstancias de orden técnico, estime conveniente su variación la Dirección Facultativa.

#### **4.2.3.4 Facilidades para otros contratistas**

De acuerdo con lo que requiera la Dirección Facultativa, el Contratista General deberá dar todas las facilidades razonables para la realización de los trabajos que le sean encomendados a todos los demás Contratistas que intervengan en la obra. Ello sin perjuicio de las compensaciones económicas a que haya lugar entre Contratistas por utilización de medios auxiliares o suministros de energía u otros conceptos.

En caso de litigio, ambos Contratistas estarán a lo que resuelva la Dirección Facultativa.

#### **4.2.3.5 Prórroga por causas de fuerza mayor**

Si por causa de fuerza mayor o independiente de la voluntad del Constructor, éste no pudiese comenzar las obras, o tuviese que suspenderlas, o no le fuera posible terminirlas en los plazos prefijados, el Constructor expondrá, en escrito dirigido al ingeniero, la causa que impide la ejecución o la marcha de los trabajos y el retraso que por ello se originaría en los plazos acordados, razonando debidamente la prórroga que por dicha causa solicita. La Dirección de Obra emitirá un informe técnico y dará traslado de ambos a la propiedad con objeto de que lo apruebe o deniegue en conformidad con el Pliego de Cláusulas Administrativas.

#### **4.2.3.6 Responsabilidad d la dirección facultativa en el retraso de la obra**

El Contratista no podrá excusarse de no haber cumplido los plazos de obra estipulados, alegando como causa la carencia de planos u órdenes de la Dirección Facultativa, a excepción del caso en que habiéndolo solicitado por escrito no se le hubiesen proporcionado en el plazo previamente acordado.

#### **4.2.3.7 Materiales no utilizables**

El Constructor, a su costa, transportará y colocará, agrupándolos ordenadamente y en el lugar adecuado, los materiales procedentes de las excavaciones, derribos, etc., que no sean utilizables en la obra.

Se retirarán de ésta o se llevarán al vertedero, cuando así estuviese establecido en el presupuesto o en el pliego de condiciones vigente en la obra.



Si no se hubiese preceptuado nada sobre el particular, se retirarán de ella cuando así lo ordene el Ingeniero Industrial, pero acordando previamente con el Constructor su justa tasación, teniendo en cuenta el valor de dichos materiales y los gastos de su transporte.

#### **4.2.3.8 Materiales y aparatos defectuosos**

Cuando los materiales, elementos de instalaciones o aparatos no fuesen de la calidad prescrita en el Proyecto o no tuvieran la preparación en él exigida o, en fin, cuando a falta de prescripciones formales de aquél, se reconociera o demostrara que no eran adecuados para su objeto, el Ingeniero, dará orden al Constructor de sustituirlos por otros que satisfagan las condiciones o llenen el objeto a que se destinen.

Si a los quince (15) días de recibir el Constructor orden de que retire los materiales que no estén en condiciones, no ha sido cumplida, podrá hacerlo la Propiedad cargando los gastos a la contrata.

Si los materiales, elementos de instalaciones o aparatos fueren defectuosos, pero aceptables a juicio del Ingeniero, se recibirán pero con la rebaja del precio que aquél determine y previa conformidad de la Propiedad, a no ser que el Constructor prefiera sustituirlos por otros en condiciones.

#### **4.2.3.9 Desperdicios en propiedades colindantes**

Si el contratista causase algún desperfecto en propiedades colindantes tendrá que restaurarlas por su cuenta dejándolas en el estado en que las encontró al comienzo de la obra. El contratista adoptará cuantas medidas encuentre necesarias para evitar la caída de operarios, desprendimiento de herramientas y materiales que puedan herir o matar a alguna persona.

### **4.2.4 RECEPCIONES DE EDIFICIOS Y OBRAS ANEJAS**

#### **4.2.4.1 Recepción provisional**

Una vez terminadas las obras y hallándose éstas aparentemente en las condiciones exigidas, se procederá a su recepción provisional dentro del mes siguiente a su finalización.

El acto de recepción concurrirán un representante autorizado por la propiedad contratante, el facultativo encargado de la dirección de la obra y el contratista, levantándose el acta correspondiente.

En caso de que las obras no se hallen en estado de ser recibidas se hará constar así en el acta y se darán las instrucciones precisas y detalladas por facultativo al contratista con el fin de remediar los defectos observados, fijándole plazo estipulado, a no ser que la propiedad crea procedente fijar un nuevo plazo prorrogable.



El plazo de la garantía comenzará a contarse de la fecha de la recepción provisional de la obra.

Al realizarse la recepción provisional de las obras deberá presentar el contratista las pertinentes autorizaciones de los Organismos oficiales de la Provincia para el uso y puesta en servicio de las instalaciones que así lo requieran. No se efectuará esa recepción provisional de las obras, ni como es lógico, la definitiva, si no se cumple este requisito.

#### **4.2.4.2 Recepción definitiva**

Dentro del mes siguiente al cumplimiento del plazo de garantía, se procederá a la recepción definitiva de las obras.

Si las obras se encontrasen en las condiciones debidas, se recibirán con carácter definitivo, levantándose el acta correspondiente, quedando por dicho acto el contratista relevado de toda responsabilidad, salvo la que pudiera derivarse por vicios ocultos de la construcción, debido al incumplimiento doloso del contrato.

#### **4.2.4.3 Plazo de garantía**

Sin perjuicio de las garantías que expresamente se detallan en el pliego de cláusulas administrativas, el contratista garantiza en general todas las obras que ejecute, así como los materiales empleados en ellas y su buena manipulación.

El plazo de garantía será de un año, y durante este periodo el contratista corregirá los defectos observados, eliminará las obras rechazadas y reparará las averías que por dicha causa se produzcan, todo ello por su cuenta y sin derecho a indemnización alguna, ejecutándose en caso de resistencia dichas obras por la propiedad con cargo a la fianza.

El contratista garantiza a la propiedad contra toda reclamación de tercera persona, derivada del incumplimiento de sus obligaciones económicas o disposiciones legales relacionadas con la obra. Una vez aprobada la recepción y liquidación definitiva de las obras, la propiedad tomará acuerdo respecto a la fianza depositada por el contratista.

Tras la recepción definitiva de la obra el contratista quedará relevado de toda responsabilidad salvo lo referente a los vicios ocultos de la construcción, debidos a incumplimiento doloso del contrato por parte del empresario, de los cuales responderá en el término de 15 años. Terminado este plazo quedará totalmente extinguida la responsabilidad.

#### **4.2.4.4 Pruebas para la recepción**

Con carácter previo a la ejecución de las unidades de obra, los materiales habrán de ser reconocidos y aprobados por la Dirección Facultativa.



El contratista presentará oportunamente muestras de cada clase de material para su comprobación por la Dirección Facultativa, las cuales conservará para efectuar en su día comparación o cotejo con los que se empleen en obra.

Siempre que la Dirección Facultativa lo estime necesario, serán efectuadas por cuenta de la Contrata las pruebas y análisis que permitan apreciar las condiciones de los materiales a emplear.



## 4.3\_ CONDICIONES ECONÓMICAS

### 4.3.1 PRINCIPIO GENERAL

Todos los que intervienen en el proceso de construcción tienen derecho a percibir puntualmente las cantidades devengadas por su correcta actuación con arreglo a las condiciones contractualmente establecidas.

La Propiedad, el contratista y, en su caso, los técnicos pueden exigirse recíprocamente las garantías adecuadas al cumplimiento puntual de sus obligaciones de pago, respetando en todo caso las especificaciones del Pliego de Cláusulas Administrativas que aportará la Propiedad y los artículos que le afectan de la ley 13/1995 y Real Decreto 390/96 de Contratos de las Administraciones Públicas.

### 4.3.2 DE LOS PRECIOS

#### 4.3.2.1 Composición de los precios unitarios

El cálculo de los precios de las distintas unidades de obra es el resultado de sumar los costes directos, los indirectos, los gastos generales y el beneficio industrial.

##### Se considerarán costes directos:

- a. La mano de obra, con sus pluses y cargas y seguros sociales, que interviene directamente en la ejecución de la unidad de obra.
- b. Los materiales, a los precios resultantes a pie de obra, que queden integrados en la unidad de que se trate o que sean necesarios para su ejecución.
- c. Los equipos y sistemas técnicos de seguridad e higiene para la prevención y protección de accidentes y enfermedades profesionales.
- d. Los gastos de personal, combustible, energía, etc., que tengan lugar por el accionamiento o funcionamiento de la maquinaria e instalaciones utilizadas en la ejecución de la unidad de obra.
- e. Los gastos de amortización y conservación de la maquinaria, instalaciones, sistemas y equipos anteriormente citados.

##### Se considerarán costes indirectos:

Los gastos de instalación de oficinas a pie de obra, comunicaciones, edificación de almacenes, talleres, pabellones temporales para obreros, laboratorios, seguros, etc., los del personal técnico y administrativo adscrito exclusivamente a la obra y los imprevistos. Todos estos gastos, se cifrarán en un porcentaje de los costes directos.

##### Se considerarán gastos generales:



Los gastos generales de empresa, gastos financieros, cargas fiscales y tasas de la administración, legalmente establecidas. Se cifrarán como un porcentaje de la suma de los costes directos e indirectos. En el presente proyecto la Administración pública establece entre un 9 por 100.

**Beneficio industrial:**

El beneficio oficial del Contratista se establece en el 6 por 100 sobre la suma de costes directos e indirectos.

**Precio de Ejecución material:**

Se denominará Precio de Ejecución material el resultado obtenido por la suma de costes directos e indirectos.

**Precio de Contrata:**

El Precio de Contrata es la suma de los costes directos, los indirectos, los Gastos Generales y el Beneficio Industrial.

El I.V.A. gira sobre esta suma pero no integra el precio.

**4.3.2.2 Precios contradictorios**

Se producirán precios contradictorios sólo cuando la Propiedad por medio del Ingeniero decida introducir unidades o cambios de calidad en algunas de las previstas, o cuando sea necesario afrontar alguna circunstancia imprevista.

El Contratista estará obligado a efectuar los cambios. El Contratista, a solicitud de la Dirección Facultativa, presentará en un plazo de tres días su propuesta de precio para la nueva unidad de obra. Si el precio no fuese conforme, a juicio de la Dirección Facultativa, el precio se resolverá contradictoriamente entre el Ingeniero y el Contratista antes de comenzar la ejecución de los trabajos y en el plazo de tres días, tomando como referencia el concepto más análogo dentro del cuadro de precios del proyecto, y si no se alcanza el acuerdo, se estará a lo dispuesto en el Art. 146 de la citada ley 13/1995 y la Disposición Transitoria 3ª del Real Decreto 396/1996.

Los contradictorios que hubiere se referirán siempre a los precios unitarios de la fecha del contrato.

**4.3.2.3 Reclamaciones de aumento de precios por causas diversas**

Si el Contratista, antes de la firma del contrato, no hubiese hecho la reclamación u observación oportuna, no podrá bajo ningún pretexto de error u omisión reclamar aumento de los precios fijados en el cuadro correspondiente del presupuesto que sirva de base para la ejecución de las obras (con referencia a Facultativas).





#### **4.3.2.4 Formas tradicionales de medir o de aplicar los precios**

En ningún caso podrá alegar el Contratista los usos y costumbres del país respecto de la aplicación de los precios o de la forma de medir las unidades de obra ejecutadas, se estará a lo previsto en primer lugar, al Pliego General de Condiciones Técnicas, y en segundo lugar, a los criterios de medición especificados en el Presupuesto y estado de Mediciones del Proyecto.

#### **4.3.2.5 Gastos ocasionados por pruebas y ensayos**

Todos los gastos originados por las pruebas y ensayos de materiales o elementos que intervengan en la ejecución de las obras, serán de cuenta de la contrata, exceptuando los de seguimiento y control de la obra que se valoran en el capítulo correspondiente del Presupuesto de la Obra.

Todo ensayo que no haya resultado satisfactorio o que no ofrezca las suficientes garantías podrá comenzarse de nuevo a cargo del mismo.

### **4.3.3 VALORACION Y ABONO DE LOS TRABAJOS**

#### **4.3.3.1 Forma de abono de las obras**

El abono de los trabajos se efectuará por unidades o medidas a tipo fijo por unidad de obra, cuyo precio invariable se haya fijado de antemano, pudiendo variar solamente el número de unidades ejecutadas.

Previa medición y aplicando el total de las diversas unidades de obra ejecutadas, del precio invariable estipulado de antemano para cada una de ellas, se abonará al Contratista el importe de las comprendidas en los trabajos ejecutados y ultimados con arreglo y sujeción a los documentos que constituyen el Proyecto, los que servirán de base para la medición y valoración de las diversas unidades.

#### **4.3.3.2 Abono de trabajos presupuestados con partidaalzada**

Salvo lo preceptuado en el "Pliego de Cláusulas Administrativas", vigente en la obra, el abono de los trabajos presupuestados en partidaalzada o como “unidad de obra a justificar”, se efectuará de acuerdo con el procedimiento que corresponda entre los que a continuación expresan:

a. Si existen precios contratados para unidades de obra iguales, los trabajos presupuestados mediante partidaalzada, se abonarán previa medición y aplicación del precio establecido.

b. Si existen precios contratados para unidades de obra similares, se establecerán precios contradictorios para las unidades con partidaalzada, deducidos de los similares contratados.



c. Si no existen precios contratados para unidades de obra iguales o similares, la partida alzada se abonará íntegramente al Contratista, salvo el caso de que en el Presupuesto de la obra se exprese que el importe de dicha partida debe justificarse, en cuyo caso, el Ingeniero -Director indicará al Contratista y con anterioridad a su ejecución, el procedimiento que debe seguirse para llevar dicha cuenta, que en realidad será de Administración, valorándose los materiales y jornales a los precios que figuren en el Presupuesto aprobado o, en su defecto, a los que con anterioridad a la ejecución convengan las dos partes, incrementándose su importe total con los porcentaje que se fijen en el Pliego de Condiciones en concepto de Gastos Generales y Beneficio Industrial del Contratista.

#### **4.3.4 VARIOS**

##### **4.3.4.1 Seguro de las obras**

El Contratista estará obligado a asegurar la obra contratada durante todo el tiempo que dure su ejecución hasta la recepción definitiva; la cuantía del seguro coincidirá en cada momento con el valor que tengan por contrata los objetos asegurados. El importe abonado por la Sociedad Aseguradora, en el caso de siniestro, se ingresará en cuenta a nombre del Propietario, para que con cargo a ella se abone la obra que se construya, y a medida que ésta se vaya realizando. El reintegro de dicha cantidad al Contratista se efectuará por certificaciones, como el resto de los trabajos de la construcción. En ningún caso, salvo conformidad expresa del Contratista, hecho en documento público, el Propietario podrá disponer de dicho importe para menesteres distintos del de reconstrucción de la parte siniestrada; la infracción de lo anteriormente expuesto será motivo suficiente para que el Contratista pueda resolver el contrato, con devolución de fianza, abono completo de gastos, materiales acopiados, etc., y una indemnización equivalente al importe de los daños causados al Contratista por el siniestro y que no se le hubiesen abonado, pero sólo en proporción equivalente a lo que suponga la indemnización abonada por la Compañía Aseguradora, respecto al importe de los daños causados por el siniestro, que serán tasados a estos efectos por el Ingeniero -Director.

##### **4.3.4.2 Seguro de responsabilidad civil**

El Contratista deberá tener contratado un Seguro por Responsabilidad Civil de daños a terceros por causa de esta obra, sus instalaciones o maquinaria, cuyo importe mínimo por siniestro será de uno con dos millones de euros (1.200.000). La propuesta de póliza con los riesgos asegurados, la presentará el Contratista a la Propiedad para su conformidad previa a la contratación.

#### **4.3.5 CARGOS AL CONTRATISTA**

##### **4.3.5.1 Autorización y licencias**



El contratista se compromete a entregar las autorizaciones que preceptivamente tienen que expedir las Direcciones Provinciales de Industria, Sanidad, etc. y autoridades locales, para la puesta en servicio de las referidas instalaciones.

Son también de cuenta del contratista todos los arbitrios, licencias municipales, vallas, alumbrado, multas, etc., que ocasionen las obras desde su inicio hasta su total terminación.

#### **4.3.5.2 Conservación durante el plazo de garantía**

Si el Contratista, siendo su obligación, no atiende a la conservación de la obra durante el plazo de garantía, en el caso de que el edificio no haya sido ocupado por el Propietario antes de la recepción definitiva, el Ingeniero -Director, en representación del Propietario, podrá disponer todo lo que sea preciso para que se atienda a la guardería, limpieza y todo lo que fuese menester para su buena conservación, abonándose todo ello por cuenta de la contrata.

Al abandonar el Contratista el edificio, tanto por buena terminación de las obras como en el caso de resolución del contrato, está obligado a dejarlo desocupado y limpio en el plazo que el Ingeniero -Director fije. Después de la recepción provisional del edificio y en el caso de que la conservación del edificio corra a cargo del Contratista, no deberá haber en él más herramientas, útiles, materiales, muebles, etc., que los indispensables para su guardería y limpieza y para los trabajos que fuese preciso ejecutar. En todo caso, ocupado o no el edificio, está obligado el Contratista a revisar y reparar la obra, durante el plazo expresado, procediendo en la forma prevista en el presente Pliego de Condiciones.

#### **4.3.5.3 Normas de aplicación**

Para todo aquello no detallado expresamente en los artículos anteriores, y en especial sobre las condiciones que deberán reunir los materiales que se empleen en obra, así como la ejecución de cada unidad de obra y las normas para su medición y valoración, regirá el Código Técnico de la Edificación constituido por orden de preferencia:

- \* Reales Decretos
- \* Instrucciones Técnicas de obligado cumplimiento.
- \* Órdenes y Reglamentos que los afectan.
- \* Normas UNE.
- \* Normas DIN.
- \* Pliego de Condiciones Técnicas de la Dirección General de Arquitectura de 2008.



## **B.-PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS PARTICULARES. PLIEGO PARTICULAR**

### **4.4\_ CONDICIONES GENERALES**

#### **4.4.1 CALIDAD DE LOS MATERIALES**

Todos los materiales a emplear en la presente obra serán de primera calidad y reunirán las condiciones exigidas vigentes referentes a materiales y prototipos de construcción.

#### **4.4.2 PRUEBAS Y ENSAYOS DE MATERIALES**

Todos los materiales a que este capítulo se refiere podrán ser sometidos a los análisis o pruebas, por cuenta de la contrata, que se crean necesarios para acreditar su calidad. Cualquier otro que haya sido especificado y sea necesario emplear deberá ser aprobado por la Dirección de las obras, bien entendido que será rechazado el que no reúna las condiciones exigidas por la buena práctica de la construcción.

#### **4.4.3 MATERIALES NO CONSIGNADOS EN PROYECTO**

Los materiales no consignados en proyecto que dieran lugar a precios contradictorios reunirán las condiciones de bondad necesarias, a juicio de la Dirección Facultativa no teniendo el contratista derecho a reclamación alguna por estas condiciones exigidas.

#### **4.4.4 CONDICIONES GENERALES DE EJECUCIÓN**

Condiciones generales de ejecución. Todos los trabajos, incluidos en el presente proyecto se ejecutarán esmeradamente, con arreglo a las buenas prácticas de la construcción, de acuerdo con las condiciones establecidas en el Pliego de Condiciones de la Edificación de la Dirección General de Arquitectura, y cumpliendo estrictamente las instrucciones recibidas por la Dirección Facultativa, no pudiendo por tanto servir de pretexto al contratista la baja subasta, para variar esa esmerada ejecución ni la primerísima calidad de las instalaciones proyectadas en cuanto a sus materiales y mano de obra, ni pretender proyectos adicionales.



## 4.5\_ CONDICIONES QUE HAN DE CUMPLIR LOS MATERIALES

### 4.5.1 MATERIALES PARA HORMIGONES Y MORTEROS

#### 4.5.1.1 Áridos

Generalidades. La naturaleza de los áridos y su preparación serán tales que permitan garantizar la adecuada resistencia y durabilidad del hormigón, así como las restantes características que se exijan a éste en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares. Como áridos para la fabricación de hormigones pueden emplearse arenas y gravas existentes en yacimientos naturales, machacados u otros productos cuyo empleo se encuentre sancionado por la práctica o resulte aconsejable como consecuencia de estudios realizados en un laboratorio oficial. En cualquier caso cumplirá las condiciones de la EHE-08. Cuando no se tengan antecedentes sobre la utilización de los áridos disponibles, o se vayan a emplear para otras aplicaciones distintas de las ya sancionadas por la práctica, se realizarán ensayos de identificación mediante análisis mineralógicos, petrográficos, físicos o químicos, según convengan a cada caso.

En el caso de utilizar escorias siderúrgicas como árido, se comprobará previamente que son estables, es decir que no contienen silicatos inestables ni compuestos ferrosos. Esta comprobación se efectuará con arreglo al método de ensayo UNE 7.243.

Se prohíbe el empleo de áridos que contengan sulfuros oxidables.

Se entiende por "arena" o "árido fino" el árido fracción del mismo que pasa por un tamiz de 5 mm. de luz de malla (tamiz 5 UNE 7050); por "grava" o "árido grueso" el que resulta detenido por dicho tamiz; y por "árido total" (o simplemente "árido" cuando no hay lugar a confusiones), aquel que, de por sí o por mezcla, posee las proporciones de arena y grava adecuadas para fabricar el hormigón necesario en el caso particular que se considere.

Limitación de tamaño.

Cumplirá las condiciones señaladas en la instrucción EHE-08.

#### 4.5.1.2 Agua para amasado

Habrà de cumplir las siguientes prescripciones:

- Acidez tal que el pH sea mayor de 5. (UNE 7234:71).
- Sustancias solubles, menos de quince gramos por litro (15 gr./l.), según NORMA UNE 7130:58.
- Sulfatos expresados en SO<sub>4</sub>, menos de un gramo por litro (1 gr.A.) según ensayo de NORMA 7131:58.



- lón cloro para hormigón con armaduras, menos de 6 gr./l., según NORMA UNE 7178:60.
- Grasas o aceites de cualquier clase, menos de quince gramos por litro (15 gr./l.). (UNE 7235).
- Carencia absoluta de azúcares o carbohidratos según ensayo de NORMA UNE 7132:58.
- Demás prescripciones de la EHE-08.

#### 4.5.1.3 Aditivos

Se definen como aditivos a emplear en hormigones y morteros aquellos productos sólidos o líquidos, excepto cemento, áridos o agua que mezclados durante el amasado modifican o mejoran las características del mortero u hormigón en especial en lo referente al fraguado, endurecimiento, plasticidad e incluso de aire. Se establecen los siguientes límites:

Si se emplea cloruro cálcico como acelerador, su dosificación será igual o menor del dos por ciento (2%) en peso del cemento y si se trata de hormigonar con temperaturas muy bajas, del tres y medio por ciento (3.5%) del peso del cemento.

Si se usan aireantes para hormigones normales su proporción será tal que la disminución de residentes a compresión producida por la inclusión del aireante sea inferior al veinte por ciento (20%). En ningún caso la proporción de aireante será mayor del cuatro por ciento (4%) del peso en cemento.

En caso de empleo de colorantes, la proporción será inferior al diez por ciento del peso del cemento. No se emplearán colorantes orgánicos.

Cualquier otro que se derive de la aplicación de la EHE-08.

#### 4.5.1.4 Cemento

Se entiende como tal, un aglomerante, hidráulico que responda a alguna de las definiciones del pliego de prescripciones técnicas generales para la recepción de cementos R.C. 03. B.O.E. 16.01.04.

Podrá almacenarse en sacos o a granel. En el primer caso, el almacén protegerá contra la intemperie y la humedad, tanto del suelo como de las paredes. Si se almacenara a granel, no podrán mezclarse en el mismo sitio cementos de distintas calidades y procedencias. Se exigirá al contratista la realización de ensayos que demuestren de modo satisfactorio que los cementos cumplen las condiciones exigidas. Las partidas de cemento defectuoso serán retiradas de la obra en el plazo máximo de 8 días. Los métodos de ensayo



serán los detallados en el citado “Pliego General de Condiciones para la Recepción de Conglomerantes Hidráulicos.” Se realizarán en laboratorios homologados.

Se tendrá en cuenta prioritariamente las determinaciones de la Instrucción EHE-08.

#### **4.5.2 ACERO**

##### **4.5.2.1 Acero de alta adherencia en redondos para armadura**

Se aceptarán aceros de alta adherencia que lleven el sello de conformidad CIETSID homologado por el M.O.P.U.

Estos aceros vendrán marcados de fábrica con señales indelebles para evitar confusiones en su empleo. No presentarán ovalaciones, grietas, sopladuras, ni mermas de sección superiores al cinco por ciento (5%).

El módulo de elasticidad será igual o mayor de dos millones cien mil kilogramos por centímetro cuadrado (2.100.000 kg./cm<sup>2</sup>). Entendiendo por límite elástico la mínima tensión capaz de producir una deformación permanente de dos décimas por ciento (0.2%).

Se tendrá en cuenta prioritariamente las determinaciones de la Instrucción EHE-08.

##### **4.5.2.2 Acero laminado**

El acero empleado en los perfiles de acero laminado será de los tipos establecidos en la norma UNE EN 10025 (Productos laminados en caliente de acero no aleado, para construcciones metálicas de uso general), también se podrán utilizar los aceros establecidos por las normas UNE EN 10210-1:1994 relativa a perfiles huecos para la construcción, acabados en relativa a secciones huecas de acero estructural conformadas en frío.

En cualquier caso se tendrán en cuenta las especificaciones del artículo 4.2 del DB SE-A Seguridad Estructural Acero del CTE.

Los perfiles vendrán con su correspondiente identificación de fábrica, con señales indelebles para evitar confusiones. No presentarán grietas, ovalizaciones, sopladuras ni mermas de sección superiores al cinco por ciento (5%).

#### **4.5.3 MATERIALES AUXILIARES DE HORMIGONES**

##### **4.5.3.1 Productos para curado de hormigones**

Se definen como productos para curado de hormigones hidráulicos los que, aplicados en forma de pintura pulverizada, depositan una película impermeable sobre la superficie del hormigón para impedir la pérdida de agua por evaporización.



El color de la capa protectora resultante será claro, preferiblemente blanco, para evitar la absorción del calor solar. Esta capa deberá ser capaz de permanecer intacta durante siete días al menos después de una aplicación.

#### **4.5.3.2 Desencofrantes**

Se definen como tales a los productos que, aplicados en forma de pintura a los encofrados, disminuyen la adherencia entre éstos y el hormigón, facilitando la labor de desmoldeo. El empleo de éstos productos deberá ser expresamente autorizado sin cuyo requisito no se podrán utilizar.

### **4.5.4 ENCOFRADOS Y CIMBRAS**

#### **4.5.4.1 Encofrados en muros**

Podrán ser de madera o metálicos pero tendrán la suficiente rigidez, latiguillos y puntales para que la deformación máxima debida al empuje del hormigón fresco sea inferior a un centímetro respecto a la superficie teórica de acabado. Para medir estas deformaciones se aplicará sobre la superficie desencofrada una regla metálica de 2 m. de longitud, recta si se trata de una superficie plana, o curva si ésta es reglada.

Los encofrados para hormigón visto necesariamente habrán de ser de madera.

#### **4.5.4.2 Encofrado de pilares, vigas y arcos**

Podrán ser de madera o metálicos pero cumplirán la condición de que la deformación máxima de una arista encofrada respecto a la teórica, sea menor o igual de un centímetro de la longitud teórica. Igualmente deberá tener el confrontado lo suficientemente rígido para soportar los efectos dinámicos del vibrado del hormigón de forma que el máximo movimiento local producido por esta causa sea de cinco milímetros.

### **4.5.5 AGLOMERANTES EXCLUIDO CEMENTO**

#### **4.5.5.1 Cal hidráulica**

Cumplirá las siguientes condiciones:

- Peso específico comprendido entre dos enteros y cinco décimas y dos enteros y ocho décimas.
- Densidad aparente superior a ocho décimas.
- Pérdida de peso por calcinación al rojo blanco menor del doce por ciento.
- Fraguado entre nueve y treinta horas.
- Residuo de tamiz cuatro mil novecientas mallas menor del seis por ciento.





- Resistencia a la tracción de pasta pura a los siete días superior a ocho kilogramos por centímetro cuadrado. Curado de la probeta un día al aire y el resto en agua.

- Resistencia a la tracción del mortero normal a los siete días superior a cuatro kilogramos por centímetro cuadrado. Curado por la probeta un día al aire y el resto en agua.

Resistencia a la tracción de pasta pura a los veintiocho días superior a ocho kilogramos por centímetro cuadrado y también superior en dos kilogramos por centímetro cuadrado a la alcanzada al séptimo día.

#### **4.5.5.2 Yeso negro**

Deberá cumplir las siguientes condiciones:

- El contenido en sulfato cálcico semihidratado ( $\text{S04Ca/2H20}$ ) será como mínimo del cincuenta por ciento en peso.

- El fraguado no comenzará antes de los dos minutos y no terminará después de los treinta minutos.

- En tamiz 0.2 UNE 7050 no será mayor del veinte por ciento.

- En tamiz 0.08 UNE 7050 no será mayor del cincuenta por ciento.

- Las probetas prismáticas 4-4-16 cm. de pasta normal ensayadas a flexión con una separación entre apoyos de 10.67 cm. resistirán una carga central de ciento veinte kilogramos como mínimo.

- La resistencia a compresión determinada sobre medias probetas procedentes del ensayo a flexión, será como mínimo setenta y cinco kilogramos por centímetros cuadrado. La toma de muestras se efectuará como mínimo en un tres por ciento de los casos mezclando el yeso procedente de los diversos hasta obtener por cuarteo una muestra de 10 kgs. como mínimo una muestra. Los ensayos se efectuarán según las normas UNE 7064 y 7065.

#### **4.5.6 MATERIALES DE CUBIERTA**

Para cubiertas galvanizadas, los elementos a emplear en obra serán a base de chapas finas o paneles formados por doble hoja de chapa con interposición de aislamiento, de acero galvanizado sobre faldones de cubierta, en los que la propia chapa proporcione la estanqueidad. Dichas chapas serán de espesor mínimo de 0.6 mm. con un recubrimiento mínimo de galvanizado zz 275 según UNE 36.130

Las chapas o paneles podrán llevar una protección adicional sobre el galvanizado a base de pinturas, plásticos u otros tratamientos homologados.



En zonas lluviosas de fuertes vientos o que se prevean grandes y periódicas acumulaciones de nieve se reforzará la estanqueidad de los solapes y juntas mediante sellado.

No se utilizará el acero galvanizado en aquellas cubiertas en las que puedan existir contactos con productos ácidos o alcalinos, o con metales (excepto aluminio) que puedan formar pares galvánicos que produzcan la corrosión del acero.

Los accesorios de fijación serán de iguales características de los indicados para cubiertas de fibrocemento.

En tejados de aleaciones ligeras los elementos a emplear en obra, serán a base de chapas lisas o conformadas de aleaciones ligeras (aluminio-manganeso), sobre planos de cubierta con inclinación no menor de 5 grados ni mayor de 30 grados y de espesores mínimos de 0.5 mm. o de 0.7 mm. según sean lisas o conformadas. Aunque las aleaciones empleadas en este tipo de cubiertas no precisen una protección específica contra la corrosión, las chapas podrán llevar una protección anódica incolora o coloreada de espesor variable según la agresividad del ambiente.

En zonas lluviosa de fuertes vientos se reforzará la estanqueidad de los solapes mediante sellado.

## **4.5.7 CARPINTERÍA METÁLICA**

### **4.5.7.1 Ventanas y puertas**

Los perfiles empleados en la confección de ventanas y puertas metálicas, serán especiales de doble junta y cumplirán todas las prescripciones legales. No se admitirán rebabas ni curvaturas rechazándose los elementos que adolezcan de algún defecto de fabricación.

## **4.5.8 PINTURA PLÁSTICA**

Está compuesta por un vehículo formado por barniz adquirido y los pigmentos están constituidos de bióxido de titanio y colores resistentes.

Todas las sustancias de uso general en la pintura deberán ser de excelente calidad. Los colores reunirán las condiciones siguientes:

Facilidad de extenderse y cubrir perfectamente las superficies.

Fijeza en su tinta.

Facultad de incorporarse al aceite, color, etc.

Ser inalterables a la acción de los aceites y de otros colores.



Insolubilidad en el agua.

Los aceites y barnices reunirán a su vez las siguientes condiciones:

Ser inalterables por la acción del aire.

Conservar la fijeza de los colores.

Transparencia y color perfectos.

Los colores estarán bien molidos y serán mezclados con el aceite, bien purificados y sin posos. Su color será amarillo claro, no admitiéndose el que, al usarlo, deje manchas o ráfagas que indiquen la presencia de sustancias extrañas.

#### **4.5.9 FONTANERÍA**

##### **4.5.9.1 Bajantes**

Las bajantes tanto de aguas pluviales como fecales serán de fibrocemento o materiales plásticos que dispongan autorización de uso. No se admitirán bajantes de diámetro inferior a 12 cm.

Todas las uniones entre tubos y piezas especiales se realizarán mediante uniones Gibault.



## **4.6\_ PRESCRIPCIONES EN CUANTO A EJECUCIÓN POR UNIDADES DE OBRA**

### **4.6.1 MOVIMIENTO DE TIERRAS**

#### **4.6.1.1 Explanación y préstamos**

Consiste en el conjunto de operaciones para excavar, evacuar, rellenar y nivelar el terreno así como las zonas de préstamos que puedan necesitarse y el consiguiente transporte de los productos removidos a depósito o lugar de empleo.

Una vez terminadas las operaciones de desbroce del terreno, se iniciarán las obras de excavaciones ajustándose a las alienaciones pendientes dimensiones y demás información contenida en los planos. La tierra vegetal que se encuentre en las excavaciones, que no se hubiera extraído en el desbroce se aceptará para su utilización posterior en protección de superficies erosionables.

En cualquier caso, la tierra vegetal extraída se mantendrá separada del resto de los productos excavados.

Todos los materiales que se obtengan de la excavación, excepción hecha de la tierra vegetal, se podrán utilizar en la formación de rellenos y demás usos fijados en este Pliego y se transportarán directamente a las zonas previstas dentro del solar, o vertedero si no tuvieran aplicación dentro de la obra.

En cualquier caso no se desechará ningún material excavado sin previa autorización. Durante las diversas etapas de la construcción de la explanación, las obras se mantendrán en perfectas condiciones de drenaje.

El material excavado no se podrá colocar de forma que represente un peligro para construcciones existentes, por presión directa o por sobrecarga de los rellenos contiguos.

Las operaciones de desbroce y limpieza se efectuaran con las precauciones necesarias, para evitar daño a las construcciones colindantes y existentes. Los árboles a derribar caerán hacia el centro de la zona objeto de la limpieza, acotándose las zonas de vegetación o arbolado destinadas a permanecer en su sitio.

Todos los tocones y raíces mayores de 10 cm. de diámetro serán eliminadas hasta una profundidad no inferior a 50 cm., por debajo de la rasante de excavación y no menor de 15 cm. por debajo de la superficie natural del terreno.

Todos los huecos causados por la extracción de tocones y raíces, se rellenarán con material análogo al existente, compactándose hasta que su superficie se ajuste al nivel pedido.

No existe obligación por parte del constructor de trocear la madera a longitudes inferiores a tres metros.



La ejecución de estos trabajos se realizara produciendo las menores molestias posibles a las zonas habitadas próximas al terreno desbrozado.

#### **4.6.1.2 Excavaciones en zanjas y pozos**

Consiste en el conjunto de operaciones necesarias para conseguir emplazamiento adecuado para las obras de fábrica y estructuras, y sus cimentaciones; comprenden zanjas de drenaje u otras análogas. Su ejecución incluye las operaciones de excavación, nivelación y evacuación del terreno y el consiguiente transporte de los productos removidos a depósito o lugar de empleo.

El contratista de las obras notificará con la antelación suficiente, el comienzo de cualquier excavación, a fin de que se puedan efectuar las mediciones necesarias sobre el terreno inalterado. El terreno natural adyacente al de la excavación o se modificará ni renovará sin autorización.

La excavación continuará hasta llegar a la profundidad en que aparezca el firme y obtenerse una superficie limpia y firme, a nivel o escalonada, según se ordene. No obstante, la Dirección Facultativa podrá modificar la profundidad, si la vista de las condiciones del terreno lo estimara necesario a fin de conseguir una cimentación satisfactoria.

El replanteo se realizará de tal forma que existirán puntos fijos de referencia, tanto de cotas como de nivel, siempre fuera del área de excavación.

La Dirección Facultativa indicará siempre la profundidad de los fondos de la excavación de la zanja, aunque sea distinta a la de Proyecto, siendo su acabado limpio, a nivel o escalonado.

La Contrata deberá asegurar la estabilidad de los taludes y paredes verticales de todas las excavaciones que realice, aplicando los medios de entibación, apuntalamiento, apeo y protección superficial del terreno, que considere necesario, a fin de impedir desprendimientos, derrumbamientos y deslizamientos que pudieran causar daño a personas o a las obras, aunque tales medios no estuvieran definidos en el Proyecto, o no hubiesen sido ordenados por la Dirección Facultativa.

La Dirección Facultativa podrá ordenar en cualquier momento la colocación de entibaciones, apuntalamientos, apeos y protecciones superficiales del terreno.

Se adoptarán por la Contrata todas las medidas necesarias para evitar la entrada del agua, manteniendo libre de la misma la zona de excavación, colocándose ataguías, drenajes, protecciones, cunetas, canaletas y conductos de desagüe que sean necesarios.

Las aguas superficiales deberán ser desviadas por la Contrata y canalizadas antes de que alcancen los taludes, las paredes y el fondo de la excavación de la zanja.



El fondo de la zanja deberá quedar libre de tierra, fragmentos de roca, roca alterada, capas de terreno inadecuado o cualquier elemento extraño que pudiera debilitar su resistencia. Se limpiarán las grietas y hendiduras, rellenándose con material compactado u hormigón.

La separación entre el tajo de la máquina y la entibación no será mayor de vez y media la profundidad de la zanja en ese punto.

En el caso de terrenos meteorizables o erosionables por viento o lluvia, las zanjas nunca permanecerán abiertas mas de 8 días, sin que sean protegidas o finalizados los trabajos.

Una vez alcanzada la cota inferior de la excavación de la zanja para cimentación, se hará una revisión general de las edificaciones medianeras, para observar si se han producido desperfectos y tomar las medidas pertinentes.

Mientras no se efectúe la consolidación definitiva de las paredes y fondos de la zanja, se conservarán las entibaciones, apuntalamientos y apeos que hayan sido necesarios, así como las vallas, cerramientos y demás medidas de protección.

Los productos resultantes de la excavación de las zanjas, que sean aprovechables para un relleno posterior, se podrán depositar en montones situados a un solo lado de la zanja, y a una separación del borde de la misma de 0,60 m. como mínimo, dejando libres, caminos, aceras, cunetas, acequias y demás pasos y servicios existentes.

La excavación en zanjas o pozos, se abonarán por metros cúbicos (m<sup>3</sup>) realmente excavados, medidos por diferencia entre los datos iniciales, tomados inmediatamente antes de iniciar los trabajos, y los datos finales, tomados inmediatamente después de finalizados los mismos.

#### **4.6.1.3 Preparación de cimentaciones**

Consiste en la extensión o compactación de materiales terrosos, procedentes de excavaciones anteriores o préstamos para relleno de zanjas y pozos.

Los materiales de relleno se extenderán en tongadas sucesivas de espesor uniforme y sensiblemente horizontales. El espesor de estas tongadas será el adecuado a los medios disponibles para que se obtenga en todo el mismo grado de compactación exigido.

La superficie de las tongadas será horizontal o convexa con pendiente transversal máxima del dos por ciento. Una vez extendida la tongada, se procederá a la humectación si es necesario.

El contenido óptimo de humedad se determinará en obra, a la vista de la maquinaria disponible y de los resultados que se obtengan de los ensayos realizados.



En los casos especiales en que la humedad natural del material sea excesiva para conseguir la compactación prevista, se tomarán las medidas adecuadas procediendo incluso a la desecación por oreo, o por adición de mezcla de materiales secos o sustancias apropiadas (cal viva, etc.).

Conseguida la humectación más conveniente, posteriormente se procederá a la compactación mecánica de la tongada. Sobre las capas en ejecución debe prohibirse la acción de todo tipo de tráfico hasta que se haya completado su composición. Si ello no es factible el tráfico que necesariamente tenga que pasar sobre ellas se distribuirá de forma que se concentren rodadas en superficie.

Si el relleno tuviera que realizarse sobre terreno natural, se realizará en primer lugar el desbroce y limpieza del terreno, se seguirá con la excavación y extracción de material inadecuado en la profundidad requerida por el Proyecto, escarificándose posteriormente el terreno para conseguir la debida trabazón entre el relleno y el terreno.

Cuando el relleno se asiente sobre un terreno que tiene presencia de aguas superficiales o subterráneas, se desviarán las primeras y se captarán y conducirán las segundas, antes de comenzar la ejecución. Si los terrenos fueran inestables, apareciera turba o arcillas blandas, se asegurará la eliminación de este material o su consolidación.

Una vez extendida la tongada se procederá a su humectación si es necesario, de forma que el humedecimiento sea uniforme.

El relleno de los trasdós de los muros se realizará cuando éstos tengan la resistencia requerida y no antes de los 21 días si es de hormigón. Después de haber llovido no se extenderá una nueva tongada de relleno o terraplén hasta que la última se haya secado, o se escarificará añadiendo la siguiente tongada más seca, hasta conseguir que la humedad final sea la adecuada.

Si por razones de sequedad hubiera que humedecer una tongada se hará de forma uniforme, sin que existan encharcamientos.

Se pararán los trabajos de terraplenado cuando la temperatura descienda de 2° C.

Las distintas zonas de los rellenos se abonarán por metros cúbicos realmente ejecutados medidos por diferencia entre los datos iniciales tomados inmediatamente antes de iniciarse los trabajos y los datos finales, tomados inmediatamente después de compactar el terreno.

## **4.6.2 HORMIGONES**

### **4.6.2.1 Dosificación de hormigones**



Corresponde al contratista efectuar el estudio granulométrico de los áridos, dosificación de agua y consistencia del hormigón de acuerdo con los medios y puesta en obra que emplee en cada caso, y siempre cumpliendo lo prescrito en la EHE-08.

#### **4.6.2.2 Fabricación de hormigones**

En la confección y puesta en obra de los hormigones se cumplirán las prescripciones generales de la INSTRUCCIÓN DE HORMIGÓN ESTRUCTURAL (EHE-08). REAL DECRETO 1247/2008, de 18-JUL, del Ministerio de Fomento. Los áridos, el agua y el cemento deberán dosificarse automáticamente en peso. Las instalaciones de dosificación, lo mismo que todas las demás para la fabricación y puesta en obra del hormigón habrán de someterse a lo indicado.

Las tolerancias admisibles en la dosificación serán del dos por ciento para el agua y el cemento, cinco por ciento para los distintos tamaños de áridos y dos por ciento para el árido total. En la consistencia del hormigón admitirá una tolerancia de veinte milímetros medida con el cono de Abrams.

La instalación de hormigonado será capaz de realizar una mezcla regular e íntima de los componentes proporcionando un hormigón de color y consistencia uniforme.

En la hormigonera deberá colocarse una placa, en la que se haga constar la capacidad y la velocidad en revoluciones por minuto recomendadas por el fabricante, las cuales nunca deberán sobrepasarse.

Antes de introducir el cemento y los áridos en el mezclador, este se habrá cargado de una parte de la cantidad de agua requerida por la masa completándose la dosificación de este elemento en un periodo de tiempo que no deberá ser inferior a cinco segundos ni superior a la tercera parte del tiempo de mezclado, contados a partir del momento en que el cemento y los áridos se han introducido en el mezclador. Antes de volver a cargar de nuevo la hormigonera se vaciará totalmente su contenido.

No se permitirá volver a amasar en ningún caso hormigones que hayan fraguado parcialmente aunque se añadan nuevas cantidades de cemento, áridos y agua.

#### **4.6.2.3 Mezcla en obra**

La ejecución de la mezcla en obra se hará de la misma forma que la señalada para la mezcla en central.

#### **4.6.2.4 Transporte de hormigón**

El transporte desde la hormigonera se realizará tan rápidamente como sea posible. En ningún caso se tolerará la colocación en obra de hormigones que acusen un principio de fraguado o presenten cualquier otra alteración.





Al cargar los elementos de transporte no debe formarse con las masas montones cónicos, que favorecerían la segregación.

Cuando la fabricación de la mezcla se haya realizado en una instalación central, su transporte a obra deberá realizarse empleando camiones provistos de agitadores.

#### **4.6.2.5 Puesta en obra del hormigón.**

Como norma general no deberá transcurrir más de una hora entre la fabricación del hormigón, su puesta en obra y su compactación. No se permitirá el vertido libre del hormigón desde alturas superiores a un metro, quedando prohibido el arrojarlo con palas a gran distancia, distribuirlo con rastrillo, o hacerlo avanzar más de medio metro de los encofrados.

Al verter el hormigón se removerá enérgica y eficazmente para que las armaduras queden perfectamente envueltas, cuidando especialmente los sitios en que se reúne gran cantidad de acero, y procurando que se mantengan los recubrimientos y la separación entre las armaduras.

En losas, el extendido del hormigón se ejecutará de modo que el avance se realice en todo su espesor.

En vigas, el hormigonado se hará avanzando desde los extremos, llenándolas en toda su altura y procurando que el frente vaya recogido, para que no se produzcan segregaciones y la lechada escurra a lo largo del encofrado.

#### **4.6.2.6 Compactación del hormigón**

La compactación de hormigones deberá realizarse por vibración. Los vibradores se aplicarán siempre de modo que su efecto se extienda a toda la masa, sin que se produzcan segregaciones. Si se emplean vibradores internos, deberán sumergirse longitudinalmente en la tongada subyacente y retirarse también longitudinalmente sin desplazarlos transversalmente mientras estén sumergidos en el hormigón. La aguja se introducirá y retirará lentamente, y a velocidad constante, recomendándose a este efecto que no se superen los 10 cm./seg., con cuidado de que la aguja no toque las armaduras. La distancia entre los puntos sucesivos de inmersión no será superior a 75 cm., y será la adecuada para producir en toda la superficie de la masa vibrada una humectación brillante, siendo preferible vibrar en pocos puntos prolongadamente. No se introducirá el vibrador a menos de 10 cm. de la pared del encofrado.

#### **4.6.2.7 Curado de hormigón**

Durante el primer período de endurecimiento se someterá al hormigón a un proceso curado según el tipo de cemento utilizado y las condiciones climatológicas del lugar.



En cualquier caso deberá mantenerse la humedad del hormigón y evitarse todas las causas tanto externas, como sobrecarga o vibraciones, que puedan provocar la fisuración del elemento hormigonado. Una vez humedecido el hormigón se mantendrán húmedas sus superficies, mediante arpilleras, esterillas de paja u otros tejidos análogos durante tres días si el conglomerante empleado fuese cemento Portland I-35, aumentándose este plazo en el caso de que el cemento utilizado fuese de endurecimiento más lento.

#### **4.6.2.8 Juntas de hormigonado**

Las juntas podrán ser de hormigonado, contracción ó dilatación, debiendo cumplir lo especificado en los planos.

Se cuidará que las juntas creadas por las interrupciones en el hormigonado queden normales a la dirección de los máximos esfuerzos de compresión, o donde sus efectos sean menos perjudiciales.

Cuando sean de temer los efectos debidos a la retracción, se dejarán juntas abiertas durante algún tiempo, para que las masas contiguas puedan deformarse libremente. El ancho de tales juntas deberá ser el necesario para que, en su día, puedan hormigonarse correctamente.

Al reanudar los trabajos se limpiará la junta de toda suciedad, lechada o árido que haya quedado suelto, y se humedecerá su superficie sin exceso de agua, aplicando en toda su superficie lechada de cemento antes de verter el nuevo hormigón. Se procurará alejar las juntas de hormigonado de las zonas en que la armadura esté sometida a fuertes tracciones.

#### **4.6.2.9 Limitaciones de ejecución**

El hormigonado se suspenderá, como norma general, en caso de lluvias, adoptándose las medidas necesarias para impedir la entrada de la lluvia a las masas de hormigón fresco o lavado de superficies. Si esto llegara a ocurrir, se habrá de picar la superficie lavada, regarla y continuar el hormigonado después de aplicar lechada de cemento.

##### Antes de hormigonar:

- Replanteo de ejes, cotas de acabado..
- Colocación de armaduras
- Limpieza y humedecido de los encofrados

##### Durante el hormigonado:

El vertido se realizará desde una altura máxima de 1 m., salvo que se utilicen métodos de bombeo a distancia que impidan la segregación de los componentes del



hormigón. Se realizará por tongadas de 30 cm.. Se vibrará sin que las armaduras ni los encofrados experimenten movimientos bruscos o sacudidas, cuidando de que no queden coqueras y se mantenga el recubrimiento adecuado.

Se suspenderá el hormigonado cuando la temperatura descienda de 0°C, o lo vaya a hacer en las próximas 48 h. Se podrán utilizar medios especiales para esta circunstancia, pero bajo la autorización de la D.F.

No se dejarán juntas horizontales, pero si a pesar de todo se produjesen, se procederá a la limpieza, rascado o picado de superficies de contacto, vertiendo a continuación mortero rico en cemento, y hormigonando seguidamente. Si hubiesen transcurrido más de 48 h. se tratará la junta con resinas epoxi.

No se mezclarán hormigones de distintos tipos de cemento.

#### Después del hormigonado:

El curado se realizará manteniendo húmedas las superficies de las piezas hasta que se alcance un 70% de su resistencia. Se procederá al desencofrado en las superficies verticales pasados 7 días, y de las horizontales no antes de los 21 días. Todo ello siguiendo las indicaciones de la D.F.

El hormigón se medirá y abonará por metro cúbico realmente vertido en obra, midiendo entre caras interiores de encofrado de superficies vistas. En las obras de cimentación que no necesiten encofrado se medirá entre caras de terreno excavado. En el caso de que en el Cuadro de Precios la unidad de hormigón se exprese por metro cuadrado como es el caso de soleras, forjado, etc., se medirá de esta forma por metro cuadrado realmente ejecutado, incluyéndose en las mediciones todas las desigualdades y aumentos de espesor debidas a las diferencias de la capa inferior. Si en el Cuadro de Precios se indicara que está incluido el encofrado, acero, etc., siempre se considerará la misma medición del hormigón por metro cúbico o por metro cuadrado. En el precio van incluidos siempre los servicios y costos de curado de hormigón.

### **4.6.3 MORTEROS**

#### **4.6.3.1 Dosificación de morteros**

Se fabricarán los tipos de morteros especificados en las unidades de obra, indicándose cual ha de emplearse en cada caso para la ejecución de las distintas unidades de obra.

#### **4.6.3.2 Fabricación de morteros**



Los morteros se fabricarán en seco, continuándose el batido después de verter el agua en la forma y cantidad fijada, hasta obtener una plasta homogénea de color y consistencia uniforme sin palomillas ni grumos.

El mortero suele ser una unidad auxiliar y, por tanto, su medición va incluida en las unidades a las que sirve: fábrica de ladrillos, enfoscados, pavimentos, etc. En algún caso excepcional se medirá y abonará por metro cúbico, obteniéndose su precio del Cuadro de Precios si lo hay u obteniendo un nuevo precio contradictorio.

#### **4.6.4 ENCOFRADOS**

##### **4.6.4.1 Construcción y montaje**

Tanto las uniones como las piezas que construyen los encofrados deberán poseer la resistencia y la rigidez necesaria para que con la marcha prevista de hormigonado y especialmente bajo los efectos dinámicos producidos por el sistema de compactación exigido o adoptado, no se originen esfuerzos anormales en el hormigón, ni durante su puesta en obra, ni durante su periodo de endurecimiento, así como tampoco movimientos locales en los encofrados superiores a los cinco milímetros.

Los enlaces de los distintos elementos o paños de los moldes serán sólidos y sencillos, de modo que su montaje se verifique con facilidad mientras que los encofrados de los elementos rectos o planos de más de seis metros de luz libre se dispondrán con la contraflecha necesaria para que, una vez desencofrado y cargado el elemento, éste conserve una ligera cavidad en el intradós.

Los moldes ya usados, y que vayan a servir para unidades repetidas serán cuidadosamente rectificadas y limpiadas.

Los encofrados de madera se humedecerán antes del hormigonado, a fin de evitar la absorción del agua contenida en el hormigón, y se limpiarán especialmente los fondos dejándose aperturas provisionales para facilitar esta labor.

Las juntas entre las distintas tablas deberán permitir el entumecimiento de las mismas por la humedad del riego y del hormigón, sin que, sin embargo, dejen escapar la pasta durante el hormigonado, para lo cual se podrá realizar un sellado adecuado.

##### **4.6.4.2 Desencofrado y descimbrado del hormigón**

El desencofrado de costeros verticales de elementos de poco canto podrá efectuarse a un día de hormigonada la pieza, a menos que durante dicho intervalo se hayan producido bajas temperaturas u otras causas capaces de alterar el proceso normal de endurecimiento del hormigón. Los costeros verticales de elementos de gran canto no deberán retirarse antes de los dos días con las mismas salvedades apuntadas anteriormente a menos que se emplee curado a vapor.



El descimbrado podrá realizarse cuando, a la vista de las circunstancias de temperatura y del resultado de las pruebas de resistencia el elemento de construcción sustentado haya adquirido el doble de la resistencia necesaria para soportar los esfuerzos que aparezcan al descimbrado. El descimbrado se hará de modo suave y uniforme, recomendándose el empleo de cunas, gatos, cajas de arena y otros dispositivos, cuando el elemento a descimbrar sea de cierta importancia.

#### **4.6.4.3 Medición y abono**

Los encofrados se medirán siempre por m<sup>2</sup> de superficie en contacto con el hormigón, no siendo de abono las sobras o excesos de encofrado, así como los elementos auxiliares de sujeción o apeos necesarios para mantener el encofrado en una posición correcta y segura contra esfuerzos de viento, etc. En este precio se incluyen, además los desencofrantes y las operaciones de desencofrado y retirada del material. En el caso de que en el Cuadro de Precios esté incluido el encofrado en la unidad de hormigón, se entiende que tanto el encofrado como los elementos auxiliares y el desencofrado van incluidos en la medición del hormigón.

#### **4.6.5 ARMADURAS Y ACERO**

##### **4.6.5.1 Colocación, recubrimiento y empalme de armaduras**

Todas estas operaciones se efectuarán de acuerdo con los artículos de la INSTRUCCIÓN DE HORMIGÓN ESTRUCTURAL (EHE-08). REAL DECRETO 1247/2008, de 18-JUL, del Ministerio de Fomento.

##### **4.6.5.2 Soldadura**

Siempre que sea físicamente posible, se empleará la soldadura de arco automático (unión Melt) reservándose la semiautomática y manual solamente para el resto de casos.

Todos los cordones se ejecutarán sin unión en sentido longitudinal si bien se podrán realizar de una o más pasadas si así fuese preciso.

Toda la soldadura manual deberá ejecutarse por soldadores homologados.

En la soldadura realizada con automática, deberá cuidarse al máximo la preparación de bordes y regulación y puesta a punto de la máquina.

Los cordones a tope se realizarán en posición horizontal.

Los cordones en ángulo se realizarán en posición horizontal.

Para comienzo y fin del cordón deberán soldarse unos suplementos de modo que el proceso de soldadura comience antes y acabe después de unidas las partes útiles, evitándose de este modo la formación de cráteres iniciales y finales.



En todo caso, siguiendo la buena práctica de la soldadura, y tratando de evitar concentraciones de esfuerzos y conseguir máxima penetración, los cordones de las soldaduras en ángulo serán cóncavos respecto al eje de intersección de las chapas a unir. Como máximo podrá ser plana la superficie exterior de la soldadura.

No se admitirán depósitos que produzcan mordeduras.

Siempre que se vaya a dar masa de una pasada deberá eliminarse previamente toda la cascarilla depositada anteriormente; para ello se llegará a emplear la piedra esmeril, especialmente en la última pasada para una correcta presentación de la soldadura.

#### **4.6.5.3 Tornillería**

Los tornillos a emplear cumplirán con las especificaciones de la CTE-DB-A y la espiga no roscada no será menor que el espesor de la unión más 1 mm sin alcanzar la superficie exterior de la arandela.

En las uniones con tornillos ordinarios, los asientos de las cabezas y tuercas estarán perfectamente planos y limpios.

En todo caso se emplearán arandelas bajo la tuerca.

Si los perfiles a unir son de cara inclinada, se emplearán arandelas de espesor variable, con la cara exterior normal al eje del tornillo.

Los tornillos de alta resistencia cumplirán las especificaciones de la CTE-DB-A.

Las superficies de las piezas de contacto deberán estar perfectamente limpias de suciedad, herrumbre, grasa o pintura.

Las tuercas se apretarán con el paso nominal correspondiente.

Deberá quedar por lo menos 1 filete fuera de la tuerca después de apretarla.

En las uniones con tornillos de alta resistencia, las superficies de las piezas a unir deberán estar perfectamente planas, y se efectuará un decapado con soplete o chorro de arena. Se colocará la arandela correspondiente bajo la cabeza y bajo la tuerca. El apriete se hará con llaves taradas, de forma que se comience por los tornillos del centro de la unión, y con un momento torsor del 80 % del especificado en la Norma, para completar el apriete en una segunda vuelta.

Los soldadores deben estar certificados por un organismo acreditado y cualificarse de acuerdo con la norma UNE-EN 287-1:1998, y si realizan tareas de coordinación del soldeo, tener experiencia previa en el tipo de operación que supervisa.

#### **4.6.5.4 Medición y abono**



De las armaduras de acero empleadas en el hormigón armado, se abonarán los kg. realmente empleados, deducidos de los planos de ejecución, por medición de su longitud, añadiendo la longitud de los solapes de empalme, medida en obra y aplicando los pesos unitarios correspondientes a los distintos diámetros empleados.

En ningún caso se abonará con solapes un peso mayor del 5% del peso del redondo resultante de la medición efectuada en el plano sin solapes. El precio comprenderá a la adquisición, los transportes de cualquier clase hasta el punto de empleo, el pesaje, la limpieza de armaduras, si es necesario, el doblado de las mismas, el izado, sustentación y colocación en obra, incluido el alambre para ataduras y separadores, la pérdida por recortes y todas cuantas operaciones y medios auxiliares sean necesarios.

#### **4.6.6 ALBAÑILERÍA**

##### **4.6.6.1 Enlucido de yeso**

Para los enlucidos se usarán únicamente yesos blancos de primera calidad.

Inmediatamente de amasado se extenderá sobre el guarnecido de yeso hecho previamente, extendiéndolo con la llana y apretando fuertemente hasta que la superficie quede completamente lisa y fina. El espesor del enlucido será de 2 a 3 mm. Es fundamental que la mano de yeso se aplique inmediatamente después de amasado para evitar que el yeso este 'muerto'.

Su medición y abono será por metros cuadrados de superficie realmente ejecutada. Si en el Cuadro de Precios figura el guarnecido y el enlucido en la misma unidad, la medición y abono correspondiente comprenderá todas las operaciones y medio auxiliares necesarios para dejar bien terminado y rematado tanto el guarnecido como el enlucido, con todos los requisitos prescritos en este Pliego.

##### **4.6.6.2 Enfoscados de cemento**

Los enfoscados de cemento se harán con mortero de 550 Kg., de cemento por m<sup>3</sup> de pasta, en parámetros exteriores y de 500 Kg., de cemento por m<sup>3</sup> en parámetros inferiores, empleándose arena de río o de barranco, lavada para su contención.

Antes de extender el mortero se preparará mediante maestras el parámetro sobre el cual haya de aplicarse.

En todos los casos se limpiarán bien de polvo los parámetros y se lavarán, debiendo estar húmeda la superficie de la fábrica antes de extender el mortero sobre otras ya aplicada. Así se extenderá una capa que se irá regularizando al mismo tiempo que se coloca para lo cual se recogerá con el canto de la llana el mortero. Sobre el revestimiento balando todavía se volverá a extender una segunda capa, continuando así hasta que la parte sobre la que se haya operado tenga conveniente homogeneidad. Al emprender la nueva





operación habrá fraguado la parte aplicada anteriormente. Será necesario pues, humedecer sobre la junta de unión antes de echar sobre ella las primeras capas de mortero.

La superficie de los enfoscados debe quedar áspera para facilitar la adherencia del revoco que se eche sobre ellos. En el caso de que la superficie deba quedar fratasada se dará una segunda capa de mortero fino con el fratas.

Si las condiciones de temperatura y humedad lo requieren a juicio de la dirección facultativa, se humedecerán diariamente los enfoscados, bien durante la ejecución o después de terminada, para que el fraguado se realicen en buenas condiciones.

Su medición y abono será por metros cuadrados de superficie realmente ejecutada.

#### **4.6.7 CUBIERTAS Y AZOTEAS.**

Cubierta o techo exterior cuya pendiente está comprendida entre el 1% y el 15% que, según el uso, pueden ser transitables o no transitables; entre éstas, por sus características propias, cabe citar las azoteas ajardinadas.

Pueden disponer de protección mediante barandilla, balaustrada o antepecho de fábrica.

Condiciones previas:

- Planos acotados de obra con definición de la solución constructiva adoptada.
- Ejecución del último forjado o soporte, bajantes, petos perimetrales.
- Limpieza de forjado para el replanteo de faldones y elementos singulares.
- Acopio de materiales y disponibilidad de equipo de trabajo.

Los materiales empleados en la composición de estas cubiertas, naturales o elaborados, abarcan una gama muy amplia debido a las diversas variantes que pueden adoptarse tanto para la formación de pendientes, como para la ejecución de la membrana impermeabilizante, la aplicación de aislamiento, los solados o acabados superficiales, los elementos singulares, etc.

Siempre que se rompa la continuidad de la membrana de impermeabilización se dispondrán refuerzos. Si las juntas de dilatación no estuvieran definidas en proyecto, se dispondrán éstas en consonancia con las estructurales, rompiendo la continuidad de estas desde el último forjado hasta la superficie exterior.

Las limahoyas, canalones y cazoletas de recogida de agua pluvial tendrán la sección necesaria para evacuarla sobradamente, calculada en función de la superficie que recojan y





la zona pluviométrica de enclave del edificio. Las bajantes de desagüe pluvial no distarán más de 20 metros entre sí.

Las láminas impermeabilizantes se colocarán empezando por el nivel más bajo, disponiéndose un solape mínimo de 8 cm. entre ellas. Dicho solape de lámina, en las limahoyas, será de 50 cm. y de 10 cm. en el encuentro con sumideros. En este caso, se reforzará la membrana impermeabilizante con otra lámina colocada bajo ella que debe llegar hasta la bajante y debe solapar 10 cm. sobre la parte superior del sumidero.

El control de ejecución se llevará a cabo mediante inspecciones periódicas en las que se comprobarán espesores de capas, disposiciones constructivas, colocación de juntas, dimensiones de los solapes, humedad del soporte, humedad del aislamiento, etc.

La medición y valoración se efectuará, generalmente, por m<sup>2</sup> de azotea, medida en su proyección horizontal, incluso entrega a paramentos y p.p. de remates, terminada y en condiciones de uso.

Se tendrán en cuenta, no obstante, los enunciados señalados para cada partida de la medición o presupuesto, en los que se definen los diversos factores que condicionan el precio descompuesto resultante.

#### **4.6.8 SOLADOS**

El solado debe formar una superficie totalmente plana y horizontal, con perfecta alineación de sus juntas en todas direcciones. Colocando una regla de 2 m. de longitud sobre el solado, en cualquier dirección; no deberán aparecer huecos mayores a 5 mm.

Se impedirá el tránsito por los solados hasta transcurridos cuatro días como mínimo, y en caso de ser este indispensable, se tomarán las medidas precisas para que no se perjudique al solado.

Los pavimentos se medirán y abonarán por metro cuadrado de superficie de solado realmente ejecutada.

Los rodapiés y los peldaños de escalera se medirán y abonarán por metro lineal. El precio comprende todos los materiales, mano de obra, operaciones y medios auxiliares necesarios para terminar completamente cada unidad de obra con arreglo a las prescripciones de este Pliego.

#### **4.6.9 INSTALACIONES AUXILIARES Y CONTROL DE OBRA**

##### **4.6.9.1 Instalaciones auxiliares y precauciones a tomar durante la construcción**

La ejecución de las obras figuradas en el presente Proyecto, requerirán las siguientes instalaciones auxiliares:



- Caseta de comedor y vestuario de personal, según dispone la Ordenanza de Seguridad e Higiene en el Trabajo cuando las características e importancia de las obras así lo requieran.

- Maderamen, redes y lonas en número suficiente de modo que garanticen la seguridad de los operarios y transeúntes.

- Maquinaria, andamios, herramientas y todo el material auxiliar para llevar a cabo los trabajos de este tipo.

Las precauciones a adoptar durante la construcción de la obra sean las previstas en la Ordenanza de Seguridad e Higiene en el Trabajo aprobada por O.M. de 9 de Marzo de 1971, así como el Real Decreto 1627/1997 del 24-Oct-97 por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras en construcción. B.O.E. n° 256, 25-Oct-97.

#### **4.6.9.2 Control de la obra**

Además de los controles establecidos en anteriores apartado y los que en cada momento dictamine la dirección facultativa de las obras, se realizarán todos los que prescribe la "Instrucción EHE-08" para el proyecto y ejecución de obras de hormigón. El control de la obra será de nivel normal.

**Pamplona, Septiembre 2012**

**Javier Mauleón Medrano**



# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO INDUSTRIAL

Título del proyecto:

ESTUDIO ESTRUCTURAL DE UNA PASARELA PEATONAL  
SOBRE EL RIO CIDACOS A SU PASO POR CALAHORRA

**DOCUMENTO Nº5: ESTUDIO SEGURIDAD Y SALUD**

Alumno: Javier Mauleón Medrano

Tutor: Faustino Gimena Ramos

Pamplona, a 6 de Septiembre de 2012



## 5. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD:

### ÍNDICE:

<b>5.1 MEMORIA .....</b>	<b>3</b>
5.1.1 JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD.....	3
5.1.2 OBJETO DEL ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD .....	3
5.1.3 DATOS DEL PROYECTO DE OBRA .....	4
5.1.4 IDENTIFICACIÓN Y PREVENCIÓN DE LOS RIESGOS .....	5
5.1.4.1 Movimientos de tierras .....	5
5.1.4.2 Cimentación y estructuras .....	6
5.1.4.3 Cubiertas inclinadas. Materiales ligeros.....	7
5.1.4.4 Terminaciones (Alicatados, Enfoscados, Enlucidos, Pinturas, etc.) .....	9
5.1.5 TRABAJOS POSTERIORES .....	10
5.1.6 BOTIQUÍN.....	11
<b>5.2 PLIEGO DE CONDICIONES DE ÍNDOLE FACULTATIVA.....</b>	<b>12</b>
5.2.1 INTRODUCCIÓN.....	12
5.2.2 LIBRO DE INCIDENCIAS .....	12
5.2.3 OBLIGACIONES DE LAS PARTES .....	12
5.2.3.1 Propiedad .....	12
5.2.3.2 Contratista.....	13
5.2.3.3 Trabajadores .....	15
<b>5.3 PLIEGO DE CONDICIONES DE ÍNDOLE TÉCNICA.....</b>	<b>17</b>
5.3.1 MATERIALES.....	17
5.3.2 CONDICIONES DE LOS MEDIOS DE PROTECCIÓN .....	17
5.3.2.1 Protecciones personales .....	17
5.3.2.2 Protecciones colectivas.....	18
<b>5.4 SERVICIOS DE PREVENCIÓN.....</b>	<b>19</b>
<b>5.5 INSTALACIONES DE HIGIENE Y BIENESTAR.....</b>	<b>20</b>
<b>5.6 CONTROL DE LA SEGURIDAD .....</b>	<b>21</b>
5.6.1 CUADRO DE CONTROL .....	21
5.6.2 ÍNDICES DE CONTROL .....	21
5.6.3 PLANES DE ACCIDENTE Y DEFICIENCIAS .....	21
5.6.4 PARALIZACIÓN DE LOS TRABAJOS .....	23
5.6.5 DERECHOS DE LOS TRABAJADORES .....	23
5.6.6 DISPOSICIONES MÍNIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD EN OBRAS.....	23
<b>5.7 PLIEGO DE CONDICIONES DE ÍNDOLE LEGAL .....</b>	<b>24</b>
5.7.1 DISPOSICIONES LEGALES .....	24
5.7.2 SEGUROS .....	24



<b>5.8 CONDICIONES DE ÍNDOLE ECONÓMICA .....</b>	<b>26</b>
5.8.1 PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD .....	26
5.8.2 CERTIFICACIONES .....	26
5.8.3 MODIFICACIONES .....	27
5.8.4 LIQUIDACIÓN.....	27
5.8.4.1 Valoración de unidades incompletas .....	28



## 5.1\_ MEMORIA

### 5.1.1 JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

El Real Decreto 1627/1.997 de 24 de Octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción, establece en el apartado 2 del Artículo 4 que el promotor estará obligado a que en la fase de redacción del proyecto se elabore un estudio de seguridad y salud en los proyectos de obras en que se den alguno de los supuestos siguientes:

El Presupuesto de Ejecución por Contrata es de 69.517,18 € que es inferior a 450.760 €.

PEM = Presupuesto de Ejecución Material = 52.111,84 €

b) La duración estimada de la obra no es superior a 30 días o no se emplea en ningún momento a más de 10 trabajadores simultáneamente.

Plazo de ejecución previsto = 150 días.

Nº de trabajadores previsto que trabajen simultáneamente 10 trabajadores.

c) El volumen de mano de obra estimada es inferior a 500 trabajadores-día (suma de los días y trabajo del total de los trabajadores en la obra).

d) No es una obra de túneles, galerías, conducciones subterráneas o presas. Como no se da ninguno de los supuestos previstos en el apartado 1 del Artículo 4 del R.D.1627/1.997 se redacta el presente estudio básico de seguridad y salud

### 5.1.2 OBJETO DEL ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

Conforme se especifica en el apartado 2 del Artículo 6 del R.D. 1627/1.997, el Estudio Básico deberá precisar:

- Las normas de seguridad y salud aplicables en la obra.
- La identificación de los riesgos laborales que puedan ser evitados, indicando las medidas técnicas necesarias.
- Relación de los riesgos laborales que no pueden eliminarse conforme a lo señalado anteriormente especificando las medidas preventivas y protecciones técnicas tendentes a controlar y reducir riesgos valorando su eficacia, en especial cuando se propongan medidas alternativas (en su caso, se tendrá en cuenta cualquier tipo de actividad que se lleve a cabo en la misma y contendrá medidas específicas relativas a los trabajos incluidos en uno o varios de los apartados del Anexo II del Real Decreto.).



- Previsiones e informaciones útiles para efectuar en su día, en las debidas condiciones de seguridad y salud, los previsibles trabajos posteriores.

### 5.1.3 DATOS DEL PROYECTO DE OBRA

- **Tipo de Obra:** Pasarela Peatonal
- **Situación:** Paseo del Cidacos
- **Población:** Calahorra (La Rioja)
- **Promotor:** Javier Mauleón Medrano
- **Proyectistas:** Javier Mauleón Medrano
- **Coordinador de Seguridad y Salud en fase de proyecto:** Javier Mauleón Medrano
- **Datos de la Obra:** La pasarela de la obra tendrá una superficie en planta de distribuida de la siguiente forma:
  - **Superficie de estructura:** 51 m<sup>2</sup>
  - **Superficie de solera:** 16,92 m<sup>2</sup>
- **Cimentación:** Se resuelve mediante zapatas aisladas, centradas y rectangulares de hormigón armado.
- **Estructura:** Se resuelve mediante tubos redondos y rectangulares de acero S-275.



## 5.1.4 IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS Y PREVENCIÓN DE LOS MISMOS

### 5.1.4.1 Movimientos de tierras

#### - Riesgos más frecuentes:

- Caídas de operarios al mismo nivel
- Caídas de operarios al interior de la excavación.
- Caídas de objetos sobre operarios
- Caídas de materiales transportados
- Choques o golpes contra objetos
- Atrapamientos y aplastamientos por partes móviles de maquinaria
- Lesiones y/o cortes en manos y pies
- Sobreesfuerzo
- Ruido, contaminación acústica, vibraciones
- Contactos eléctricos directos e indirectos
- Inhalación de sustancias tóxicas.
- Ruinas, hundimientos.
- Condiciones meteorológicas adversas
- Trabajos en zonas húmedas o mojadas
- Problemas de circulación interna de vehículos y maquinaria
- Desplomes, hundimientos del terreno.
- Contagios por lugares insalubres

#### - Medidas Preventivas:

- Talud natural del terreno
- Entibaciones
- Limpieza de bolos y viseras
- Apuntalamientos, apeos.
- Achique de aguas.
- Barandillas en borde de excavación.
- Tableros o planchas en huecos horizontales.
- Separación tránsito de vehículos y operarios.
- No permanecer en radio de acción máquinas.
- Avisadores ópticos y acústicos en maquinaria.
- Protección partes móviles maquinaria
- Cabinas o pórticos de seguridad.
- No acopiar materiales junto borde excavación.
- Conservación adecuada vías de circulación
- Vigilancia edificios colindantes.
- No permanecer bajo frente excavación





**- Protecciones Individuales:**

- Casco de seguridad
- Botas o calzado de seguridad
- Botas de seguridad impermeables
- Guantes de lona y piel
- Guantes impermeables
- Gafas de seguridad
- Protectores auditivos
- Cinturón de seguridad
- Cinturón antivibratorio
- Ropa de Trabajo
- Traje de agua (impermeable)

**5.1.4.2 Cimentación y Estructura**

**- Riesgos más frecuentes:**

- Caídas de operarios al mismo nivel
- Caídas de operarios al interior de la excavación.
- Caídas de objetos sobre operarios
- Caídas de materiales transportados
- Choques o golpes contra objetos
- Atrapamientos y aplastamientos por partes móviles de maquinaria
- Lesiones y/o cortes en manos y pies
- Sobreesfuerzo
- Ruido, contaminación acústica, vibraciones
- Cuerpos extraños en los ojos
- Contactos eléctricos directos e indirectos
- Inhalación de sustancias tóxicas.
- Ruinas, hundimientos.
- Condiciones meteorológicas adversas
- Problemas de circulación interna de vehículos y maquinaria
- Desplomes, desprendimientos, hundimientos del terreno.
- Explosiones e incendios

**- Medidas Preventivas:**

- Marquesinas rígidas.
- Barandillas.
- Pasos o pasarelas.
- Redes verticales.
- Redes horizontales.
- Andamios de seguridad.



- Mallazos.
- Tableros o planchas en huecos horizontales.
- Escaleras auxiliares adecuadas.
- Escalera de acceso peldañeada y protegida.
- Carcasas resguardos de protección de partes móviles de máquinas
- Mantenimiento de adecuado de la maquinaria.
- Cabinas y pórticos de seguridad.
- Iluminación natural o artificial adecuada.
- Limpieza de las zonas de tránsito.
- Distancia de seguridad a las líneas eléctricas.

**- Protecciones Individuales:**

- Casco de seguridad
- Botas o calzado de seguridad
- Botas de seguridad impermeables
- Guantes de lona y piel
- Guantes impermeables
- Gafas de seguridad
- Protectores auditivos
- Cinturón de seguridad
- Cinturón antivibratorio
- Ropa de Trabajo
- Traje de agua (impermeable)

**5.1.4.3 Cubiertas inclinadas, materiales ligeros**

**- Riesgos más frecuentes:**

- Caídas de operarios al mismo nivel
- Caídas de operarios a distinto nivel.
- Caída de operarios al vacío.
- Caída de objetos sobre operarios.
- Caídas de materiales transportados.
- Choques o golpes contra objetos.
- Atrapamientos y aplastamientos.
- Lesiones y/o cortes en manos y pies
- Sobreesfuerzos
- Ruidos, contaminación acústica
- Cuerpos extraños en los ojos
- Dermatitis por contacto de cemento y cal...
- Contactos eléctricos directos e indirectos.
- Condiciones meteorológicas adversas.



- Derivados de medios auxiliares usados
- Quemaduras en impermeabilizaciones.
- Derivados del acceso al lugar de trabajo.
- Derivados de almacenamiento inadecuado de productos combustibles

**- Medidas Preventivas:**

- Marquesinas rígidas.
- Barandillas.
- Pasos o pasarelas.
- Redes verticales.
- Redes horizontales.
- Andamios de seguridad.
- Mallazos.
- Tableros o planchas en huecos horizontales.
- Escaleras auxiliares adecuadas.
- Escalera de acceso peldañeada y protegida.
- Carcasas resguardos de protección de partes móviles de máquinas.
- Plataformas de descarga de material.
- Evacuación de escombros.
- Limpieza de las zonas de trabajo y de tránsito.
- Habilitar caminos de circulación.
- Andamios adecuados.

**- Protecciones individuales:**

- Casco de seguridad.
- Botas o calzado de seguridad.
- Guantes de lona y piel.
- Guantes impermeables.
- Gafas de seguridad.
- Mascarillas con filtro mecánico
- Protectores auditivos.
- Cinturón de seguridad.
- Botas, polainas, mandiles y guantes de cuero para impermeabilización.
- Ropa de trabajo.



#### **5.1.4.4 Terminaciones (alicatados, enfoscados, enlucidos, falsos techos, solados, pinturas, carpintería metálica, vidriería)**

##### **- Riesgos más frecuentes:**

- Caídas de operarios al mismo nivel
- Caídas de operarios a distinto nivel.
- Caída de operarios al vacío.
- Caídas de objetos sobre operarios
- Caídas de materiales transportados
- Choques o golpes contra objetos
- Atrapamientos y aplastamientos
- Atropellos, colisiones, alcances, vuelcos de camiones.
- Lesiones y/o cortes en manos
- Lesiones y/o cortes en pies
- Sobreesfuerzos
- Ruido, contaminación acústica
- Vibraciones
- Ambiente pulvígeno
- Cuerpos extraños en los ojos
- Dermatitis por contacto cemento y cal.
- Contactos eléctricos directos
- Contactos eléctricos indirectos Ambientes pobres en oxígeno Inhalación de vapores y gases.
- Trabajos en zonas húmedas

##### **- Medidas preventivas:**

- Marquesinas rígidas.
- Barandillas.
- Pasos o pasarelas.
- Redes verticales.
- Redes horizontales.
- Andamios de seguridad.
- Mallazos.
- Tableros o planchas en huecos horizontales.
- Escaleras auxiliares adecuadas.
- Escalera de acceso peldañeada y protegida.
- Carcasas o resguardos de protección de partes móviles de máquinas.
- Mantenimiento adecuado de la maquinaria
- Plataformas de descarga de material.



- Evacuación de escombros.
- Limpieza de las zonas de trabajo y de tránsito.

**- Protecciones individuales:**

- Casco de seguridad
- Botas o calzado de seguridad
- Botas de seguridad impermeables
- Guantes de lona y piel
- Guantes impermeables
- Gafas de seguridad
- Protectores auditivos
- Cinturón de seguridad
- Ropa de trabajo
- Pantalla de soldador

### 5.1.5 TRABAJOS POSTERIORES

El apartado 3 del Artículo 6 del Real Decreto 1627/1.997 establece que en el Estudio Básico se contemplarán también las previsiones y las informaciones para efectuar en su día, en las debidas condiciones de seguridad y salud, los previsibles trabajos posteriores.

**- Riesgos más frecuentes:**

- Caídas al mismo nivel en suelos
- Caídas por huecos en cerramientos
- Contactos eléctricos por accionamiento inadvertido y modificación o deterioro de sistemas eléctricos.
- Explosión de combustibles mal almacenados
- Fuego por combustibles, modificación de elementos de instalación eléctrica o por acumulación de desechos peligrosos
- Contactos eléctricos directos e indirectos

**- Medidas Preventivas:**

- Dispositivos provisionales adecuados y seguros.
- Anclajes de cinturones fijados a la pared para reparación de tejados y cubiertas.
- Anclajes para poleas para izado de muebles en mudanza.



**- Protecciones Individuales:**

- Casco de seguridad.
- Ropa de trabajo.
- Cinturones de seguridad y resistencia adecuada para reparar tejados y cubiertas inclinadas.

### 5.1.6 BOTIQUÍN

En el centro de trabajo se dispondrá de un botiquín con los medios necesarios para efectuar las curas de urgencia en caso de accidente y estará a cargo de él una persona capacitada designada por la empresa constructora.



## **PLIEGO DE CONDICIONES**

El objeto de este Pliego de Condiciones es fijar las condiciones generales y particulares por las que se han de desarrollar los trabajos y dotaciones de Seguridad y Salud Laboral, agrupadas de acuerdo con su índole en:

### **5.2\_ PLIEGO DE CONDICIONES DE INDOLE FACULTATIVA**

#### **5.2.1 INTRODUCCIÓN**

El contratista o constructor principal se someterá al criterio y juicio de la Dirección Facultativa de la Seguridad estará ejercida, de acuerdo con el Real Decreto 1627/97, por el Ingeniero autor del Estudio de Seguridad y por el Coordinador a quien corresponde igualmente la aprobación del Plan de Seguridad y su seguimiento, siendo su actuación independiente de la Dirección Facultativa propia de la obra.

#### **5.2.2 LIBRO DE INCIDENCIAS**

De acuerdo con el artículo 13 del R.D 1627/1997 existirá en obra, con fines de control y seguimiento del Plan de Seguridad, un Libro de Incidencias, habilitado al efecto y facilitado por el Colegio Oficial al que pertenezca el redactor del Estudio de Seguridad. Dicho libro constará de hojas cuadruplicadas.

Las anotaciones en dicho libro podrán ser efectuadas por la Dirección Facultativa de la Seguridad, por los representantes del constructor o contratista principal y subcontratistas, por técnicos de los Gabinetes Técnicos Provinciales de Seguridad en el Trabajo, por el Vigilante de Seguridad y por los representantes de los trabajadores del centro de trabajo si en el mismo no existiera comité. Dichas anotaciones estarán únicamente relacionadas con la inobservancia de las instrucciones y recomendaciones preventivas recogidas en el Estudio de Seguridad y Salud Laboral.

#### **5.2.3 OBLIGACIONES DE LAS PARTES**

##### **5.2.3.1 Propiedad**

La Propiedad abonará a la Empresa Constructora, previa certificación de la dirección facultativa, las partidas incluidas en el presupuesto del estudio de seguridad. Antes del inicio de los trabajos, el promotor designará un Coordinador en materia de Seguridad y Salud, cuando en la ejecución de las obras intervengan más de una empresa o una empresa y trabajadores autónomos o diversos trabajadores autónomos.

La designación del Coordinador en materia de Seguridad y Salud no eximirá al promotor de la responsabilidad de efectuar un aviso a la autoridad laboral competente antes del comienzo de las obras, que se redactará con arreglo a lo dispuesto en el Anexo IB del



Real Decreto 1627/1.997 debiendo exponerse en la obra de forma visible y actualizándose si fiera necesario.

La designación del Coordinador en la elaboración del proyecto y en la ejecución de la obra podrá recaer en la misma persona.

El Coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra, deberá desarrollar las siguientes funciones:

- Coordinar las actividades de la obra para garantizar que las empresas y personal actuante apliquen de manera coherente y responsable los principios de acción preventiva que se recogen en el Artículo 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales durante la ejecución de la obra, y en particular, en las actividades a que se refiere el Artículo 10 del Real Decreto 1627/1.997.
- Aprobar el Plan de Seguridad y Salud elaborado por el contratista y, en su caso, las modificaciones introducidas en el mismo.
- Organizar la coordinación de actividades empresariales previstas en el Artículo 24 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.
- Coordinar las acciones y funciones de control de la aplicación correcta de los métodos de trabajo.
- Adoptar las medidas necesarias para que solo las personas autorizadas puedan acceder a la obra.

#### **5.2.3.2 Contratista**

La Empresa Constructora viene obligada a cumplir las directrices contenidas en el Estudio de Seguridad a través del correspondiente Plan de Seguridad y Salud, coherente con el Estudio y con los sistemas de ejecución que la empresa va a emplear.

El Plan de Seguridad y Salud Laboral deberá contar con la aprobación de la Dirección Facultativa y ser previo al comienzo de la obra.

Los medios de protección personal, estarán homologados por organismos competentes. Caso de no existir éstos en el mercado, se emplearán los más adecuados bajo el criterio del Comité de Seguridad y Salud Laboral, con el visto bueno de la Dirección Facultativa. La Empresa constructora cumplirá las estipulaciones preceptivas del Estudio y del Plan de Seguridad y Salud Laboral.

La Dirección Facultativa de Seguridad considerará el Estudio de Seguridad como parte integrante de la ejecución de la obra correspondiéndole el control y supervisión de la ejecución del Plan de Seguridad y Salud, autorizando previamente cualquier modificación de éste, dejando constancia escrita en el Libro de Incidencias.





En concreto, el contratista y subcontratistas estarán obligados a:

**1.** Aplicar los principios de acción preventiva que se recogen en el Artículo 15 de la Ley de Prevención de Riesgos laborales y en particular:

- El mantenimiento de la obra en buen estado de limpieza.
- La elección del emplazamiento de los puestos y áreas de trabajo, teniendo en cuenta sus condiciones de acceso y la determinación de las vías o zonas de desplazamiento o circulación.
- El mantenimiento, el control previo a la puesta en servicio y control periódico de las instalaciones y dispositivos necesarios para la ejecución de las obras, con objeto de corregir los defectos que pudieran afectar a la seguridad y salud de los trabajadores. La delimitación y acondicionamiento de las zonas de almacenamiento y depósito de materiales, en particular si se trata de materias peligrosas.
- El almacenamiento y evacuación de residuos y escombros.
- La recogida de materiales peligrosos utilizados.
- La adaptación del periodo de tiempo efectivo que habrá de dedicarse a los distintos trabajos o fases de trabajo.
- La cooperación entre todos los intervinientes en la obra.
- Las interacciones o incompatibilidades con cualquier otro trabajo o actividad.

**2.** Cumplir y hacer cumplir a su personal lo establecido en el Plan de Seguridad y Salud.

**3.** Cumplir la normativa en materia de prevención de riesgos laborales, teniendo en cuenta las obligaciones sobre coordinación de las actividades empresariales previstas en el Artículo 24 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, así como cumplir las disposiciones mínimas establecidas en el Anexo IV del Real Decreto 1627/1.997.

**4.** Informar y proporcionar las instrucciones adecuadas a los trabajadores autónomos sobre todas las medidas que hayan de adoptarse en lo que se refiera a seguridad y salud.

**5.** Atender las indicaciones y cumplir las instrucciones del Coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra.

Serán responsables de la ejecución correcta de las medidas preventivas fijadas en el Plan y en lo relativo a las obligaciones que le correspondan directamente o, en su caso, a



los trabajos autónomos por ellos contratados. Además responderán solidariamente de las consecuencias que se deriven del incumplimiento de las medidas previstas en el Plan.

Las responsabilidades del Coordinador, Dirección Facultativa y el Promotor no eximirán de sus responsabilidades a los contratistas y a los subcontratistas. En aplicación del Estudio Básico de Seguridad y Salud, el contratista, antes del inicio de la obra, elaborará un Plan de Seguridad y Salud en el que se analicen, estudien, desarrollen y complementen las previsiones contenidas en este Estudio Básico y en función de su propio sistema de ejecución de obra. En dicho Plan se incluirán, en su caso, las propuestas de medidas alternativas de prevención que el contratista proponga con la correspondiente justificación técnica, y que no podrán implicar disminución de los niveles de protección previstos en este Estudio Básico.

El Plan de Seguridad y Salud deberá ser aprobado, antes del inicio de la obra, por el Coordinador en materia de Seguridad y Salud durante la ejecución de la obra. Este podrá ser modificado por el contratista en función del proceso de ejecución de la misma, de la evolución de los trabajos y de las posibles incidencias o modificaciones que puedan surgir a lo largo de la obra, pero que siempre con la aprobación expresa del Coordinador. Cuando no fuera necesaria la designación del Coordinador, las funciones que se le atribuyen serán asumidas por la Dirección Facultativa.

Quienes intervengan en la ejecución de la obra, así como las personas u órganos con responsabilidades en materia de prevención en las empresas intervinientes en la misma y los representantes de los trabajadores, podrán presentar por escrito y de manera razonada, las sugerencias y alternativas que estimen oportunas. El Plan estará en la obra a disposición de la Dirección Facultativa.

### **5.2.3.3 Trabajadores**

Corresponde a los trabajadores la obligación de cooperar en la prevención de riesgos profesionales en la Empresa, y el mantenimiento de la máxima higiene en la misma a cuyos fines deberán, cumplir fielmente los preceptos de la Ordenanza y sus instrucciones y complementarias, así como las ordenes e instrucciones que a tales efectos les sean dados por sus superiores.

#### Están obligados a:

- Recibir las enseñanzas sobre Seguridad y Salud Laboral.
- Usar los medios de protección personal descritos en el Plan de Seguridad.
- Dar cuenta inmediata de las averías o riesgos que puedan ocasionar peligro en cualquier puesto de trabajo.
- Cuidar y mantener su higiene personal.



- Someterse a los reconocimientos médicos preceptivos.
- No introducir bebidas o sustancias no autorizadas en el centro de trabajo ni permanecer en estado de embriaguez o cualquier otra intoxicación.
- Cooperar en la extinción de incendios y en el salvamento de víctimas de accidentes de trabajo en las condiciones racionalmente exigibles.

Los trabajadores autónomos están obligados a:

1. Aplicar los principios de la acción preventiva que se recoge en el Artículo 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, y en particular:

- El mantenimiento de la obra en buen estado de orden y limpieza.
- El almacenamiento y evacuación de residuos y escombros.
- La recogida de materiales peligrosos utilizados.
- La adaptación del periodo de tiempo efectivo que habrá de dedicarse a los distintos trabajos o fases de trabajo.
- La cooperación entre todos los intervinientes en la obra.
- Las interacciones o incompatibilidades con cualquier otro trabajo o actividad.

2. Cumplir las disposiciones minutas establecidas en el Anexo IV del Real Decreto 1627/1.997.

3. Ajustar su actuación conforme a los deberes sobre coordinación de las actividades empresariales previstas en el Artículo 24 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, participando en particular en cualquier medida de su actuación coordinada que se hubiera establecido.

4. Cumplir con las obligaciones establecidas para los trabajadores en el Artículo 29, apartados 1 y 2 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.

5. Utilizar equipos de trabajo que se ajusten a lo dispuesto en el Real Decreto 15/ 1.997.

6. Elegir y utilizar equipos de protección individual en los términos previstos en el Real Decreto 773/1.997.

7. Atender las indicaciones y cumplir las instrucciones del Coordinador en materia de seguridad.

Los trabajadores autónomos deberán cumplir lo establecido en el Plan de Seguridad y Salud.



## **5.3\_ PLIEGO DE CONDICIONES DE INDOLE TECNICA**

### **5.3.1 MATERIALES.**

Se definen en este apartado las condiciones técnicas que han de cumplir los diversos materiales y medios auxiliares que deberán emplearse, de acuerdo con las prescripciones del presente Estudio, en las tareas de prevención y salud durante la ejecución de la obra.

Con carácter general todos los materiales y medios cumplirán obligatoriamente las especificaciones contenidas en el Pliego General de Condiciones, que les sean aplicables con carácter específico, Las protecciones personales y colectivas y las normas de salud y bienestar que regirán en la ejecución del correspondiente Estudio de Seguridad y Salud Laboral para la ejecución de la obra serán las siguientes:

### **5.3.2 CONDICIONES DE LOS MEDIOS DE PROTECCIÓN.**

Todas las prendas de protección personal o elementos de protección colectiva, tienen fijado un periodo de vida útil, desechándose a su término. Cuando por las circunstancias del trabajo se produzca un deterioro mas rápido del previsto en una determinada prenda o equipo, se repondrá esta independientemente de la duración prevista o fecha de entrega.

Toda prenda o equipo de protección que haya sufrido un trato límite, es decir, el máximo para el que fue concebido (por ejemplo, por un accidente) será desechado y repuesto al momento.

Aquellos medios que por su uso hayan adquirido holguras o desgastes superiores a los admitidos por el fabricante, serán repuestos inmediatamente. El uso de una prenda o equipo de protección nunca deber representar un riesgo en sí mismo.

#### **5.3.2.1 Protecciones personales**

Las protecciones personales, son las prendas o equipo que de una manera individualizada utiliza el trabajador, de acuerdo con el trabajo que realiza. No suprimen el origen del riesgo y Únicamente sirven de escudo o colchón amortiguador del mismo. Se utilizan cuando no es posible el empleo de las colectivas. Una condición que obligatoriamente cumplirán estas protecciones personales es que estarán homologadas por el Ministerio de Trabajo.

Existen, no obstante, algunas que no están todavía homologadas, pero que reunirán las condiciones y calidades precisas para su misión, tal sucede con la ropa de trabajo que todo trabajador llevará: mono de tejido ligero y flexible que se ajustar al cuerpo con comodidad, facilidad de movimiento y bocamangas ajustadas. Cuando sea necesario, se



dotará al trabajador de delantales, mandiles, petos, chalecos o cinturones anchos que retuercen la defensa del tronco.

### **5.3.2.2 Protecciones colectivas**

#### **-Vallas autónomas de limitación y protección:**

Tendrán como mínimo 90 cm. de altura estando construidas a base de tubos metálicos.

#### **- Barandillas:**

Las barandillas rodearán el perímetro de la planta desencofrada debiendo estar condenado el acceso a las otras por el interior en las escaleras. Deberán tener la suficiente resistencia para garantizar la retención de personas.

#### **- Mallazos:**

Los huecos interiores se protegerán con mallazo de resistencia y malta adecuada.

#### **- Cables de sujeción de cinturón de seguridad y sus anclajes:**

Tendrán suficiente resistencia para soportar los esfuerzos necesarios a que puedan ser sometidos de acuerdo con su función protectora.

#### **- Plataforma de trabajo:**

Tendrán como mínimo 60 cm. de ancho y las situadas a más de 2 m. del suelo estarán dotadas de barandillas de 90 cm. de altura, listón intermedio y rodapiés.

#### **- Escalera de mano:**

Deberán ir provistas de zapatas antideslizantes.

#### **- Plataformas voladas:**

Tendrán la suficiente resistencia para la carga que deban soportar, estarán convenientemente ancladas y dotadas de barandillas.

#### **- Extintores:**

Serán de polvo polivalente, revisándose periódicamente.



## 5.4\_ SERVICIOS DE PREVENCIÓN.

### a) Estudio de seguridad

Se cumplirá lo establecido en el Decreto 39/1 997 y otros que lo completan como el 604/2006, especialmente en los títulos fundamentales:

Art.1. La prevención de riesgos laborales, como actuación a desarrollar en el seno de la empresa, deberá integrarse en su sistema general de gestión.

Art.2 El Plan de prevención de riesgos laborales debe ser aprobado por la dirección de la empresa, asumido por toda su estructura organizativa, en particular por todos sus niveles jerárquicos, y conocido por todos sus trabajadores.

Art.5 Dar información, formación y participación a los trabajos.

Art. 8 y 9: Planificación de la actividad preventiva.

Art. 14 y 15: Disponer de Servicio de Prevención, para las siguientes especialidades: Ergonomía, Higiene Industrial, Seguridad en el trabajo, Medicina del Trabajo y Psicología.

### b) Botiquín

Existirá una zona en las casetas destinadas a instalaciones de obra, donde se ubicará un armario en pared con la dotación necesaria para primeras curas. Así mismo se dispondrá un botiquín portátil a pie de obra. Se colocará en lugar visible, además, una relación con el nombre, dirección y teléfono de los centros asistenciales más próximos, así como teléfono de taxis y ambulancias para traslados urgentes en caso de accidente.

### c) Servicio Técnico de Seguridad y Salud Laboral.

La empresa constructora dispondrá de un servicio técnico asesor en Seguridad e Higiene que colaborará con la Dirección a pie de obra, siendo ésta última la que deberá llevar a la práctica todas las medidas de seguridad propuestas, de acuerdo con su criterio y mejor desarrollo de la obra.



## 5.5\_ INSTALACIONES DE HIGIENE Y BIENESTAR.

Se dispondrá de vestuarios, servicios higiénicos y, comedor para los operarios, dotados de la siguiente forma:

La superficie mínima común de vestuarios y aseos ser de 2 m<sup>2</sup> por operario.

El vestuario estar provisto de bancos o asientos y de taquillas individuales con llave, para guardar ropa y calzado.

- Al realizar trabajos marcadamente sucios se facilitarán los medios especiales de limpieza.
- Las puertas impedirán totalmente la visibilidad desde el exterior y estarán provistas de cierre interior y una percha.



## **5.6\_ CONTROL DE LA SEGURIDAD.**

Se establecen a continuación unos criterios de control de la seguridad e higiene al objeto de definir el grado de cumplimiento del Estudio de Seguridad, así como la obtención de unos índices de control a efectos de dejar constancia de los resultados obtenemos por la aplicación del citado Estudio.

La Contrata podrá modificar dichos criterios en el Plan de Seguridad de acuerdo con sus propios medios, que como todo lo contenido en él deberá contar con la aprobación de la dirección facultativa de la seguridad.

### **5.6.1 CUADRO DE CONTROL.**

Se redactará primeramente un cuadro esquemático de control, que a efectos de seguimiento del Plan de Seguridad y Salud Laboral, deberá rellenarse periódicamente. Para cumplimentarlo se deberá poner una X a la derecha de cada especificación cuando existan deficiencias en el concepto correspondiente, haciendo un resumen final en que se indique el número de deficiencias observadas sobre el número total de conceptos examinados.

### **5.6.2 ÍNDICES DE CONTROL**

En la obra se llevarán obligatoriamente los índices siguientes:

- a) Índice de incidencia. (Número de siniestros con baja acaecidos por cada cien trabajadores.)
- b) Índice de frecuencia. (Número de siniestros con baja, acaecidos por cada millón de horas trabajadas)
- c) Índice de gravedad. (Número de jornadas perdidas por cada mil horas trabajadas.)
- d) Duración media de la incapacidad. (Número de jornadas perdidas por cada accidente con baja.)

### **5.6.3 PLANES DE ACCIDENTE Y DEFICIENCIAS**

En cada centro de trabajo existirá, con fines de control y seguimiento del Plan de Seguridad y Salud, un Libro de Incidencias que constará de hojas por duplicado y que será duplicado por el Colegio profesional al que pertenezca el técnico que haya aprobado el Plan de Seguridad y Salud.

Deberá mantenerse siempre en obra y en poder del Coordinador. Tendrán acceso al Libro, la Dirección Facultativa, los contratistas y subcontratistas, los trabajadores





autónomos, las personas con responsabilidades en materia de prevención de las empresas intervinientes, los representantes de los trabajadores, y los técnicos especializados de las Administraciones públicas competentes en esta materia, quienes podrán hacer anotaciones en el mismo.

Efectuada una anotación en el Libro de Incidencias, el Coordinador estará obligado a remitir en el plazo de veinticuatro horas una copia a la Inspección de Trabajo y Seguridad Social de la provincia en que se realiza la obra. Igualmente notificará dichas anotaciones al contratista y a los representantes de los trabajadores.

Respetándose cualquier modelo normalizado que pudiera ser de uso normal en la práctica del contratista, los partes de accidente y deficiencias observadas recogerán como mínimo los siguientes datos con una tabulación ordenada:

**Parte de Accidente**

- Identificación de la obra
- Día, mes y año en que se ha producido el accidente.
- Hora de producción del accidente.
- Nombre del accidentado.
- Domicilio del accidentado.
- Lugar (tajo) en el que se produjo el accidente.
- Causas del accidente.
- Importancia aparente del accidente.
- Posible especificación sobre lidios humanos
- Lugar, persona y forma de producirse la primera cura (Médico, practicante, socorrista, personal de obra).
- Lugar de traslado para hospitalización.
- Testigos del accidente (verificación nominal y versiones de los mismos)

*Como complemento de esta parte se emitirá un informe que contenga:*

- *Cómo se hubiera podido evitar.*
- *Ordenes inmediatas para ejecutar.*



- Parte de eficiencias.
- Identificación de la obra.
- Fecha en que se ha producido la observación.
- Lugar (tajo) en el que se ha hecho la observación.
- Informe sobre la deficiencia observada.
- Estudio de mejora de la deficiencia en cuestión.

#### **5.6.4 PARALIZACIÓN DE LOS TRABAJOS**

Cuando el Coordinador y durante la ejecución de las obras, observase incumplimiento de las medidas de seguridad y salud, advertirá al contratista y dejará constancia de tal incumplimiento en el Libro de Incidencias, quedando facultado para, en circunstancias de riesgo grave e inminente para la seguridad y salud de los trabajadores, disponer la paralización de tajo o, en su caso, de la totalidad de la obra.

Dará cuenta de este hecho a los efectos oportunos, a la Inspección de Trabajo y Seguridad Social de la provincia en que se realiza la obra. Igualmente notificará al contratista, y en su caso a los subcontratistas y/o autónomos afectados de la paralización y a los representantes de los trabajadores.

#### **5.6.5 DERECHOS DE LOS TRABAJADORES**

Los contratistas y subcontratistas deberán garantizar que los trabajadores reciban una información adecuada y comprensible de todas las medidas que hayan de adoptarse en lo que se refiere a su seguridad y salud en la obra

Una copia del Plan de Seguridad y Salud y de sus posibles modificaciones, a los efectos de su conocimiento y seguimiento, será fichada por el contratista a los representantes de los trabajadores en el centro de trabajo.

#### **5.6.6 DISPOSICIONES MÍNIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD QUE DEBEN APLICARSE EN LAS OBRAS**

Las obligaciones previstas en las tres partes del Anexo IV del Real Decreto 1627/1.997, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción, se aplicarán siempre que lo exijan las características de la obra o de la actividad, las circunstancias o cualquier riesgo.



## 5.7\_ PLIEGO DE CONDICIONES DE INDOLE LEGAL

### 5.7.1 DISPOSICIONES LEGALES

- Ley 31/ 1.995 de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- Real Decreto 485/1.997 de 14 de abril, sobre Señalización de seguridad en el trabajo.
- Real Decreto 486/1.997 de 14 de abril, sobre Seguridad y Salud en los lugares de trabajo.
- Real Decreto 487/1.997 de 14 de abril, sobre Manipulación de cargas.
- Real Decreto 773/1.997 de 30 de mayo, sobre Utilización de Equipos de Protección Individual.
- Real Decreto 39/1.997 de 17 de enero, Reglamento de los Servicios de Prevención.
- Real Decreto 12 15/1.997 de 18 de julio, sobre Utilización de Equipos de Trabajo.
- Real Decreto 1627/1.997 de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.
- Estatuto de los Trabajadores (Ley 8/1.980, Ley 32/1.984, Ley 11/1.994).
- Ordenanza de Trabajo de la Construcción Vidrio y Cetca (O.M. 28-08-70, O.M. 28- 07-77, O M 4-07-83, en los títulos no derogados)
- Ordenanza general de Seguridad e Higiene en el Trabajo de 9 de 1 971 en sus artículos no derogados por la Ley 3171 995 de Prevención de Riesgos Laborales.
- Homologación de medios de protección personal de los trabajadores (O.M. 17-05-71).
- Reglamento Electrónico de baja tensión (O.M. 20-09-73) (B.O.E. 14-06-77).
- Inclusión del estudio de Seguridad y Salud Laboral (R.D. 1627/1.997).
- Normativa sobre Señalización (ItD. 1403/86, B.O.E. 08-07-86).
- Convenio Colectivo provincial de la Construcción.
- Todas las disposiciones adicionales oficiales relativas a la Seguridad, salud laboral y medicina del trabajo que puedan afectar a los trabajos que se realicen en obra.

### 5.7.2 SEGUROS.

Es preceptivo en la obra que los técnicos responsables dispongan de cobertura en materia de responsabilidad civil profesional, del mismo modo que el contratista debe disponer de cobertura de responsabilidad civil en el ejercicio de su actividad industrial,



cubriendo tanto el riesgo inherente a su actividad como constructor, como por los daños a terceras personas de los que pueda resultar responsabilidad civil extracontractual a su cargo, por hechos nacidos de culpa o negligencia, imputables al mismo o a las personas de las que debe responder.



## **5.8\_ PLIEGO DE CONDICIONES DE INDOLE ECONOMICA.**

### **5.8.1 PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD**

En el Plan de Seguridad y Salud se deberán recoger todas las necesidades derivadas del cumplimiento de las disposiciones obligatorias vigentes en materia de Seguridad y Salud para las obras objeto del proyecto de ejecución y las derivadas del cumplimiento de las prescripciones recogidas en el presente Estudio, sean o no suficientes las previsiones económicas contempladas en el mismo.

Aunque no se hubiesen previsto en este Estudio de Seguridad y Salud todas las medidas y elementos necesarios para cumplir lo estipulado al respecto por la normativa vigente sobre la materia y por las normas de buena construcción para la obra a que se refiere el proyecto de ejecución, el empresario vendrá obligado a recoger en el Plan de Seguridad y Salud cuanto sea preciso a tal fin, sin que tenga derecho a percibir mayor importe que el fijado en el presupuesto del presente Estudio, afectado, en su caso, de la baja de adjudicación.

Las mediciones, calidades y valoraciones recogidas en este Estudio podrán ser modificadas o sustituidas por alternativas propuestas por el empresario en el Plan de Seguridad y Salud, siempre que ello no suponga variación del importe total previsto a la baja y que sean autorizadas por el Coordinador de Seguridad y Salud.

### **5.8.2 CERTIFICACIONES**

Salvo que las normas vigentes sobre la materia, Pliego de Cláusulas Administrativas Particulares o estipulaciones fijadas en el contrato de las obras dispongan otra cosa, el abono de las unidades de seguridad y salud se efectuará de cualquiera de las dos formas siguientes:

De forma porcentual sobre el importe de la obra ejecutada en el período que se certifique. El porcentaje a aplicar será, el que resulte de dividir el importe del presupuesto vigente de ejecución material de las unidades de seguridad y salud entre el importe del presupuesto de ejecución material de las unidades de obra, también vigente en cada momento, multiplicado por cien.

Mediante certificaciones por el sistema del servicio o del servicio total prestado por la unidad de seguridad y salud correspondiente. Es decir, cada partida de seguridad y salud se abonará cuando haya cumplido totalmente su función o servicio a la obra en su conjunto, o a la parte de ésta para la que se requiere, según se trate.

Para efectuar el abono de la forma indicada, se aplicarán los importes de las partidas que procedan, reflejados en el Plan de Seguridad y Salud, que habrán de ser coincidentes con los de las partidas del Estudio de Seguridad y Salud, equivalentes a las mismas.



Para que sea procedente el abono, mediante cualquiera de las formas anteriormente reseñadas, se requerirá con carácter previo que hayan sido ejecutadas y dispuestas en obra, de acuerdo con las previsiones establecidas en el Estudio de Seguridad y Salud, con las fijadas en el Plan o con las exigidas por la normativa vigente, las medidas de seguridad y salud que correspondan al período a certificar.

La facultad sobre la procedencia de los abonos que se trate de justificar corresponde al Coordinador de Seguridad y Salud.

Para el abono de las partidas correspondientes a formación específica de los trabajadores en materia de Seguridad y Salud, reconocimientos médicos y seguimiento y control interno en obra, será requisito imprescindible la previa justificación al mencionado Coordinador de Seguridad y Salud de que se han cumplido las previsiones establecidas al respecto en dicho Plan, para lo que será preceptivo que el empresario aporte la acreditación documental correspondiente, según se establece en otros apartados de este Pliego.

### 5.8.3 MODIFICACIONES

Cuando durante el curso de las obras se modifiquese el proyecto de ejecución aprobado y, como consecuencia de ello fuese necesario alterar el Plan aprobado, el importe económico del nuevo Plan, que podrá variar o ser coincidente con el inicial, se dividirá entre la suma del presupuesto de ejecución material primitivo de las unidades de obra y el que originen, en su caso, las modificaciones de éstas, multiplicando por cien el cociente resultante, para obtener el porcentaje a aplicar para efectuar el abono de las partidas de Seguridad y Salud, de acuerdo con el criterio establecido con anterioridad en este Pliego.

Dicho porcentaje será el que se aplique a origen a la totalidad del presupuesto de ejecución material de las unidades de obra en las certificaciones sucesivas, deduciéndose lo anteriormente certificado.

En el supuesto de que fuese necesario confeccionar nuevos precios o precios contradictorios de unidades de seguridad y salud durante el curso de la obra, salvo que las disposiciones contractuales dispongan otra cosa, se atenderá a los criterios de valoración marcados en el Estudio, siguiéndose la misma estructura adoptada en el Presupuesto.

### 5.8.4 LIQUIDACIÓN

A no ser que las estipulaciones contractuales dispongan lo contrario, no procederá recoger en la liquidación de las obras variaciones de las unidades de Seguridad y Salud sobre las contempladas en el Plan de Seguridad y Salud vigente en el momento de la recepción provisional de las obras.



#### **5.8.4.1 Valoración de unidades incompletas**

Sin perjuicio de lo dispuesto a tal efecto por las bases contractuales que rijan para la obra, en caso de ser pertinente, por resolución de contrato, valorar unidades incompletas de seguridad y salud, se atenderá a las descomposiciones establecidas en el presupuesto del Estudio para cada precio descompuesto, siempre que se cumplan las condiciones y requisitos necesarios para el abono establecidos en el presente Pliego.

**Pamplona, Septiembre 2012**

**Javier Mauleón Medrano**



# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO INDUSTRIAL

Título del proyecto:

ESTUDIO ESTRUCTURAL DE UNA PASARELA PEATONAL  
SOBRE EL RIO CIDACOS A SU PASO POR CALAHORRA

## **DOCUMENTO N°6: PRESUPUESTO**

Alumno: Javier Mauleón Medrano

Tutor: Faustino Gimena Ramos

Pamplona, a 6 de Septiembre de 2012





## 6. PRESUPUESTO:

### ÍNDICE:

6.1 CAPÍTULO I: ACONDICIONAMIENTO DEL TERRENO .....	2
6.2 CAPÍTULO II: CIMENTACIONES .....	3
6.3 CAPÍTULO III: ESTRUCTURA METÁLICA.....	5
6.4 CAPÍTULO IV: BARANDILLA .....	6
6.5 CAPÍTULO V: ENTARIMADO.....	7
6.6 CAPÍTULO VI: SALIDAS PASARELAS .....	8
6.7 CAPÍTULO VII: ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.....	9
6.8 CAPÍTULO VIII: RESUMEN DEL PRESUPUESTO.....	10



## **6.1 CAPÍTULO I: ACONDICIONAMIENTO DEL TERRENO.**

### ➤ **6.1.1 m<sup>2</sup>. Desbroce y limpieza manual.**

Desbroce y limpieza de terreno, con carga y transporte (toda la parcela).

### ➤ **6.1.2 m<sup>3</sup>. Excavación del terreno.**

Excavación a cielo abierto, en terrenos compactos, por medios mecánicos, con extracción de tierras fuera de la excavación.

### ➤ **6.1.3 m<sup>3</sup>. Transporte al vertedero.**

Transporte de tierras al vertedero, a una distancia menor de 15 km, considerando ida y vuelta, con camión basculante cargado.

Nº de orden	Descripción	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)	Total (m <sup>2</sup> )	Precio (€/m <sup>2</sup> )	Importe (€)
6.1.1.1	Desbroce y limpieza de margen Este	4	3,5		14	3,05	42,7
6.1.1.1	Desbroce y limpieza de margen Oeste	4	3,5		14	3,05	42,7
6.1.2.1	Excavación con máquina margen Este	3	2	2,5	15	5,85	87,75
6.1.2.2	Excavación con máquina margen Oeste	3	2	2,5	15	5,85	87,75
6.1.3.1	Camión de carga basculante	5	3	3,5	52,5	16,95	889,87
6.1.3.2	Desbroce y limpieza	28	1	1	28	16,95	474,6
						<b>Subtotal</b>	<b>1.625,37</b>



## **6.2 CAPÍTULO II: CIMENTACIONES**

### **➤ 6.2.1 m2 MALLA 20 × 20 cm. D=16 mm**

Malla electro-soldada de acero corrugado B 400 T de D=16 mm, en cuadrícula 20×20cm, colocado en obra, i/p.p. de alambre de atar. Según EHE-08.

### **➤ 6.2.2 m2 MALLA 24 × 20 cm. D=16 mm**

Malla electro-soldada de acero corrugado B 400 T de D=16 mm, en cuadrícula 24×20cm, colocado en obra, i/p.p. de alambre de atar. Según EHE-08.

### **➤ 6.2.3 m<sup>2</sup> MALLA 10 × 15 cm. D=20 mm**

Malla electro-soldada de acero corrugado B 400 T de D=20 mm, en cuadrícula 10×15cm, colocado en obra, i/p.p. de alambre de atar. Según EHE-08.

### **➤ 6.2.4 ud APOYO FIJO. S-275 250×250×46.5 cm**

Apoyo en charnela con dos placas en acero S-275 en perfil plano, de dimensiones 250×250×46.5 cm, con neopreno y con dos garrotas de acero corrugado de 16 mm de espesor y 150 cm de longitud total, soldadas y colocadas, según CTE.

### **➤ 6.2.5 ud APOYO DESLIZANTE S-275 250×250×46.5 cm**

Apoyo elastomérico con dos placas en acero S-275 en perfil plano, de 250×250×1 cm, apoyo de elastómero laminado de 15×10×46.5 cm, y con cuatro garrotas de acero corrugado de 16 mm de diámetro y 50 cm de longitud total, soldadas y colocadas, según CTE.

### **➤ 6.2.6 m2 ENCOFRADO METÁLICO ZAPATAS**

Encofrado y desencofrado metálico en zapatas. Según CTE.

### **➤ 6.2.7 m3 HORMIGÓN LIMPIEZA HM-10**

Hormigón en masa HM-10, consistencia blanda, Tmax 20 mm, para ambiente de humedad media, transportado en camión hormigonera, para limpieza y nivelado de fondos de cimentación, incluso vertido por medios manuales y colocación.

### **➤ 6.2.8 m3 HORM. HA-25/B/15/F**

Hormigón para armar HA-25/B/15/F, consistencia blanda, Tmax 20 mm, para ambiente de humedad media, transportado en camión hormigonera, para relleno de zapatas de cimentación, vertido por medios manuales, vibrado y colocación. Según normas CTE y EHE-08.



Nº de orden	Descripción	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)	Total (m <sup>2</sup> )	Precio (€/m <sup>2</sup> )	Importe (€)
6.2.1.1	Malla de 20 x 20 cm zona Este	(5) 3	2		30	24,09	722,70
6.2.1.2	Malla de 20 x 20 cm zona Oeste	(5) 3	2		30	24,09	722,70
6.2.2.1	Malla de 24 x 20 cm zona Este	5,5	5,63		30,95	11,85	366,75
6.2.2.2	Malla de 24 x 20 cm zona Oeste	5,5	5,63		30,95	11,85	366,75
6.2.3.1	Malla de 10 x 15 cm zona Este	5,5	5,46		30,04	11,85	355,97
6.2.3.2	Malla de 10 x 15 cm zona Oeste	5,5	5,46		30,04	11,85	355,97
6.2.4	Apoyo fijo					173,64	173,64
6.2.5	Apoyo elastométrico deslizante					514,73	514,73
6.2.6	Paneles de encofrado incluyendo el material de encofrado y desencofrado	(24) 2	1,5		72	17,19	1.237,68
6.2.7.1	Hormigón HM-10 margen Este	3	2	0,10	0,60	168,88	101,32
6.2.7.2	Hormigón HM-10 margen Oeste	3	2	0,10	0,60	168,88	101,32
6.2.8.1	Hormigón HA-25 margen Este	3	2	2,40	14,40	236,84	3.410,49
6.2.8.2	Hormigón HA-25 margen Oeste	3	2	2,40	14,40	236,84	3.410,49
						<b>Subtotal</b>	<b>11.840,51</b>



### **6.3 CAPÍTULO III: ESTRUCTURA METÁLICA**

#### **➤ 6.3.1 kg TUBO RECTANGULAR DE 140X100X6 MM**

Estructura metálica en acero laminado S-275, en tubos rectangulares de 140 x 100 x 6 mm laminados en caliente, formada por vigas soldadas en taller, y con dos manos de imprimación con pintura de minio de plomo, montado y colocado, según CTE. Son kg medida la superficie en planta.

#### **➤ 6.3.2 kg TUBOS REDONDO DE 100 MM DE DIAMETRO**

Serán tubos redondos de 100 mm de diámetro con 4 de espesor de acero laminado S-275.

<b>Nº de orden</b>	<b>Descripción</b>	<b>Largo (m)</b>	<b>Peso (kg/m)</b>	<b>Total (kg)</b>	<b>Precio (€/kg)</b>	<b>Importe (€)</b>
<b>6.3.1.1</b>	Vigas principales	93,42	20,19	1.886,15	12,98	24.482,22
<b>6.3.1.2</b>	Vigas transversales	12	20,19	242,28	12,98	3.144,79
<b>6.3.2.1</b>	Tubo redondo de 100 mm y 4mm de espesor	85,20	3,21	17,89	5,68	101,61
<b>6.3.2.2</b>	Cruz de San Andrés	56,40	3,21	181,04	5,68	1.028,30
					<b>Subtotal</b>	<b>28.756,92</b>



## **6.4 CAPÍTULO IV: BARANDILLA**

### **➤ 6.4.1 m BARANDILLA. ESTRUCTURA METÁLICA**

Estructura metálica de la barandilla compuesta por tubos A-42d, tanto en 45x3 como en 40x2 en acero S-275. Perfiles laminados en caliente, soldados en taller y con dos manos de imprimación con pintura de minio de plomo, montado y colocado, según CTE.

<b>Nº de orden</b>	<b>Descripción</b>	<b>Largo (m)</b>	<b>Total (m)</b>	<b>Precio (€/m)</b>	<b>Importe (€)</b>
<b>6.4.1.1</b>	Barandilla tubo A-42d 45x3	(2) 25,5	51	26,87	1.370,37
<b>6.4.1.2</b>	Barandilla tubo A-42d 40x2	(8) 25,5	204	26,87	5.481,48
				<b>Subtotal</b>	<b>6.851,85</b>



## **6.5 CAPÍTULO V: ENTARIMADO**

### **➤ 6.5.1 m2 ENTARIMADO MADERA ROBLE**

Madera laminada de roble en tablones de 1.80 m de longitud, tornillería galvanizada, guardacantos y protección fungicida, instalada.

<b>Nº de orden</b>	<b>Descripción</b>	<b>Largo (m)</b>	<b>Ancho (m)</b>	<b>Total (m)</b>	<b>Precio (€/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Importe (€)</b>
<b>6.5.1</b>	Madera de roble de 15 cm de espesor	25,50	1,80	45,90	23,75	1.090,12
					<b>Subtotal</b>	<b>1.090,12</b>



## **6.6 CAPÍTULO VI: SALIDAS PASARELAS**

### ➤ **6.6.1 m2 SOLERA HORMIGÓN H-25 20 cm DE ESPESOR**

Solera pesada de hormigón H-25, de 20 cm de espesor mínimo, extendida sobre terreno compactado con anterioridad, con juntas de dilatación y de retracción, con una distancia máxima entre juntas de 5m.

<b>Nº de orden</b>	<b>Descripción</b>	<b>Largo (m)</b>	<b>Ancho (m)</b>	<b>Total (m)</b>	<b>Precio (€/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Importe (€)</b>
<b>6.6.1.1</b>	Solera de hormigón 20 cm espesor lado Este	3,80	2,50	9,50	26,59	252,60
<b>6.6.1.2</b>	Solera de hormigón 20 cm espesor lado Oeste	2,97	2,50	7,42	26,59	197,29
					<b>Subtotal</b>	<b>449,89</b>



**6.7 CAPÍTULO VII: ESTUDIO SEGURIDAD Y SALUD**

Nº de orden	Descripción	Cantidad	Precio Unitario (€)	Importe (€)
6.7.1	Casco de seguridad	12	3,73	44,76
6.7.2	Arnés de seguridad con amarre dorsal + amarre torsal + amarre lateral, acolchado y cinturón giro 180º, fabricado con fibra de nylon de 45 mm y elementos metálicos de acero inoxidable.	5	54,45	272,25
6.7.3	Pantalla de soldador	3	15,96	47,88
6.7.4	Gafas protectoras contra impactos, incoloras.	10	3,14	31,14
6.7.5	Gafas antipolvo antiempañables, panorámicas.	10	0,81	8,10
6.7.6	Protectores auditivos con arnés a la nuca	15	3,12	46,80
6.7.7	Juego de tapones antirruido de silicona ajustables.	15	1,41	21,25
6.7.8	Faja protección lumbar.	4	2,80	11,2
6.7.9	Chaleco de trabajo de poliéster-algodón.	8	13,50	108
6.7.10	Par de rodilleras ajustables de protección ergonómica.	4	2,63	10,52
6.7.11	Cinturón portaherramientas.	10	5,89	58,9
6.7.12	Mono de trabajo, de una pieza de poliéster-algodón.	15	15,29	229,35
6.7.13	Par guantes de uso general de maniobra	17	14,09	239,53
6.7.14	Par de botas de seguridad con puntera metálica para refuerzo y plantillas de acero flexibles, para riesgos de perforación, amortizable en tres usos.	15	24,50	367,5
			<b>Subtotal</b>	<b>1.497,18</b>

**6.8 RESUMEN DEL PRESUPUESTO DE LA INSTALACIÓN:**

ORDEN	DESCRIPCIÓN	TOTAL (Euros)
CAPÍTULO I	ACONDICIONAMIENTO DEL TERRENO	1.625,37
CAPÍTULO II	CIMENTACIONES	11.840,51
CAPÍTULO III	ESTRUCTURA METÁLICA	28.756,92
CAPÍTULO IV	BARANDILLA	6.851,85
CAPÍTULO V	ENTARIMADO	1.090,12
CAPÍTULO VI	SALIDAS PASARELA	449,89
CAPÍTULO VII	ESTUDIO SEGURIDAD Y SALUD	1.497,18
<b>TOTAL</b>	<b>PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL</b>	<b>52.111,84</b>
	GASTOS GENERALES (5%)	2.605,59
	BENEFICIO INDUSTRIAL (10%)	5.211,18
<b>TOTAL</b>	<b>PRESUPUESTO DE EJ. POR CONTRATA SIN IVA</b>	<b>59.928,61</b>
	IVA (16%)	9.588,57
<b>TOTAL</b>	<b>PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA</b>	<b>69.517,18</b>
	REDACCIÓN DEL PROYECTO (4%)	2.780,68
	DIRECCIÓN DE LA OBRA (4%)	2.780,68
<b>TOTAL</b>	<b>PRESUPESTO TOTAL</b>	<b>75.078,55</b>

**El total del presente presupuesto asciende a la cantidad de “SETENTA Y CINCO MIL SETENTA Y OCHO EUROS CON CINCUENTA Y CINCO CÉNTIMOS”**

PETICIONARIO

Ingeniero Industrial  
**Javier Mauleón Medrano**

En Pamplona a.....seis de.....Septiembre del..... 2012



# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO INDUSTRIAL

Título del proyecto:

ESTUDIO ESTRUCTURAL DE UNA PASARELA PEATONAL  
SOBRE EL RIO CIDACOS A SU PASO POR CALAHORRA

## DOCUMENTO N°7: BIBLIOGRAFÍA

Alumno: Javier Mauleón Medrano

Tutor: Faustino Gimena Ramos

Pamplona, a 6 de Septiembre de 2012



## 7. BIBLIOGRAFÍA:

### ÍNDICE:

7.1 REGLAMENTO Y NORMATIVAS .....	2
7.2 TEXTOS Y CATÁLOGOS COMERCIALES .....	3
7.3 PÁGINAS WEB CONSULTADAS.....	5



## 7.1\_ REGLAMENTO Y NORMATIVAS:

Para la realización del proyecto se han debido de consultar, los reglamentos, normativas y libros que a continuación se exponen:

- Código Técnico de la edificación CTE “Seguridad Estructural y Acciones en la Edificación”. Centro de publicaciones del Ministerio de Fomento.

- Código Técnico de la edificación CTE “Seguridad Estructural Acero”. Centro de publicaciones del Ministerio de Fomento.

- Norma EHE-08 “Instrucción de Hormigón Estructural”. Centro de publicaciones del Ministerio de Fomento.

- Código Técnico de la edificación CTE “Salubridad (Higiene, salud, y protección del medio ambiente)”. Centro de publicaciones del Ministerio de Fomento.

- Código Técnico de la edificación CTE “Cimientos”. Centro de publicaciones del Ministerio de Fomento.

- Norma Española RPX-95. Vibraciones en estructuras.



## 7.2\_ TEXTOS Y CATÁLOGOS COMERCIALES:

Los textos especializados y de la carrera y los catálogos utilizados en este proyecto son los siguientes:

- BASES DE CÁLCULO. DIMENSIONADO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES. Tomos 0\*, 0\*\* y 2. Publicaciones ENSIDESA, 1990.

- TEORÍA DE ESTRUCTURAS. ESTRUCTURAS DE BARRAS Y SÓLIDOS TRIDIMENSIONALES. Jesús Zurita Gabasa. Publicación de la Universidad de Navarra, 1998.

- RESISTENCIA DE MATERIALES. Luis Ortiz Berrocal. McGraw-Hill, 2002.

- PUENTES DE MADERA. Schwaner, Kurt. Editorial AITIM, 2004.

- CABLES DE ACERO. Nueva Montaña Quijano, 1968.

- ESTRUCTURAS METÁLICAS Y DE HORMIGÓN. Jesús Zurita Gabasa y Daniel Narro Bañares.

- ESTRUCTURAS METÁLICAS. EJERCICIOS PRÁCTICOS. Daniel Narro Bañares.

- TEORÍA DE ESTRUCTURAS Y CONSTRUCCIÓN INDUSTRIAL. Daniel Narro Bañares.

- ELASTICIDAD Y RESISTENCIA DE MATERIALES. José Javier Lumbreras Azanza.



- APUNTES DE LA ASIGNATURA DE MÉTODOS NUMÉRICOS. Juan Carlos Jorge.
- APUNTES DE LA ASIGNATURA DE TEORÍA DE MÁQUINAS. Roberto Yoldi.
- APOYOS WABO<sup>®</sup>. Watson Bowman Acme. Catálogo de elementos de construcción.
- CONIFERAS ESPAÑOLAS DE USO ESTRUCTURAL. Propiedades mecánicas de la madera aserrada.
- Catálogo de tornillería FULLERMETRIC



### 7.3\_ PÁGINAS WEB CONSULTADAS

Las páginas web utilizadas para la elaboración de este proyecto son:

- [www.ayto-calahorra.es](http://www.ayto-calahorra.es), Página web del ayuntamiento de Calahorra.
- [www.larioja.org](http://www.larioja.org), Página del Servicio de Información Territorial de La Rioja.
- <http://www.construmatica.com/bedec>, Precios de acero y metal en perfiles o barras.
- [www.ingroup-op.com.ar](http://www.ingroup-op.com.ar), Consultora de proyectos de Ingeniería.
- [http://www.cismid.uni.edu.pe/descargas/confinter/amaurial\\_doc.pdf](http://www.cismid.uni.edu.pe/descargas/confinter/amaurial_doc.pdf), Deducción y verificación de un modelo consistente de cargas inducidas por peatones y su aplicación práctica.

**Pamplona, Septiembre de 2012**

**Javier Mauleón Medrano**